

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID



Climatización de un edificio industrial destinado a bodega

Proyecto Final de Carrera
Ingeniería Industrial

AUTOR: Yoann Bosredon
TUTOR : José Luis Pinela Ocaña

Febrero 2014

AGRADECIMIENTOS

Para empezar, quiero agradecer a la empresa SNC LAVALIN, y a su director **Philippe Echeveste** por haberme recibido como becario y por la confianza depositada en mí. A mi tutor de empresa y responsable del departamento de fluidos **Didier Roux**, que dedicó su tiempo a contestar a mis preguntas y apoyarme en este proyecto.

Me gustaría además agradecer todo el **equipo de fluidos** por su disponibilidad, sus consejos, y el buen ánimo que llevaban en la oficina.

Querría agradecer también al responsable del departamento comercial ETT, **David Garnier**, que compartió su experiencia conmigo.

Por último quiero dar las gracias a **mi familia**, que me apoyó a lo largo de mi carrera, y a **mi novia** que siempre supo encontrar las buenas palabras para guiarme hasta el final.

RESUMEN

“La buena noticia es que sabemos qué hacer hoy. La buena noticia es que, tenemos todo lo necesario para hacer frente al desafío del calentamiento global. Tenemos todas las tecnologías que necesitamos, cada vez se están desarrollando más, y se están volviendo disponibles y más accesibles cuando se producen a gran escala, facilitando hacer frente a este desafío. Pero no tendríamos que esperar, no podemos esperar, no debemos esperar.”

AL GORE, discurso en la Convención Nacional del Sierra Club, 9 de septiembre de 2005

Como lo dijo Al Gore en su discurso, tenemos los recursos ya listos para poder preservar el medio ambiente. Pero, ¿Cómo tenemos que proceder para poner estos recursos al servicio del planeta? Es una buena pregunta que intentan contestar los gobiernos de nuestros países Europeos.

Al final del año 2007 se lanzó en Europa un plan de actuación llamado 20-20-20. Este plan pone como fecha límite 2020 para reducir las emisiones de CO₂ en un 20%, reducir nuestro consumo energético en un 20% y aumentar las energías renovables en un 20%. Estamos ahora en 2014, entonces hemos alcanzado ya la mitad del plazo y tendríamos que haber llegado ya a un 10%... Comentaré en la primera parte donde estamos con respecto a estos objetivos.

En Francia, estas medidas se aplican en diversos sectores de actividad, yo he decidido enfocarme en el de la edificación. He realizado una práctica en una oficina técnica de la empresa SNC LAVALIN, uno de los líderes de este sector. He tenido la ocasión de participar en varios proyectos, y en este estudio trataré uno en particular.

Trabajé sobre el diseño del sistema de climatización para una bodega de tamaño industrial. Para darse una idea de la capacidad del edificio, hoy se almacenan mas de 2 millones de botellas con un valor que alcanza los 60 millones de euros en total.

La climatización de un edificio de este tamaño plantea varios problemas de diseño e ingeniería. A través de este estudio explicaré los pasos que se tienen que seguir para poder diseñar de manera organizada un sistema de este tipo. Me apoyé en un programa de simulación térmico para ayudarme en el cálculo de parámetros necesarios al diseño, y propuse 4 configuraciones para el edificio.

Al final del estudio comparé los resultados de cada configuración en términos de impacto medioambiental, consumo de energía, y de coste. Se podrá verificar como se posiciona cada configuración con respecto a las expectativas de ahorros en las construcciones recientes.

ABSTRACT

The good news is we know what to do. The good news is, we have everything we need now to respond to the challenge of global warming. We have all the technologies we need, more are being developed, and as they become available and become more affordable when produced in scale, they will make it easier to respond. But we should not wait, we cannot wait, we must not wait.

AL GORE, speech at National Sierra Club Convention, Sept. 9, 2005

As just said Al Gore in his speech, we have all the technologies available to face the challenge of global warming. How do we proceed to make benefit our planet from those advances? That is the big question that all governments intend to answer.

By the end of 2007, Europe started an action plan called 20-20-20. This plan put a deadline for all participant countries, by the end of 2020, to cut their CO₂ emissions by 20%, to reduce their energy consumption also by 20%, and to increase the use of renewable energy by 20%. Now in 2014 we have reached the half of the period, so we should be at the 10% point... I will comment in the first part how the things have gone so far.

In France, we apply these measures in different sectors, for my part I decided to focus on the building trade. I made an internship in a design office of SNC LAVALIN group (one of the leader in building trade). I had the opportunity to participate in different projects, so in this study report I will talk about one in particular.

I worked on the design of a HVAC system for a wine warehouse. To give you an idea of the building capacity, it stores currently more than 2 billion bottles of wine what represent an amount of 60 billion Euros.

The climatization of such a big building raises design and Engineering difficulties. Through this study, I will explain the basic steps we need to follow in order to design such a system with an organized approach. I used a software program close to CALENER to support my design, and help me in the calculus of required parameters, that way I suggested 4 configurations of the building.

In the end, I compared the results of each configuration according to the environmental impact, energy consumption, and costs. This way we will be able to check how this building satisfies the requirements of new constructions.

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Energía y planeta.....	1
1.2	Europa y la política energética.....	1
1.2.1	Energía y Europa : las cifras.....	1
1.2.2	Cronología de las medidas tomadas por la EU hacia ahora	3
1.2.3	Un plan de acción energético para cumplir el objetivo “20-20-20”	4
1.2.4	2009 : Un balance pesimista	5
1.2.5	Los alcances del nuevo plan de acción 2011.....	6
1.2.6	Dos directivas importantes para la edificación	7
1.3	Legislación francesa para la eficiencia energética y la ecología	12
1.3.1	Punto de partida : la “ Grenelle” del medioambiente.....	12
1.3.2	Sector de la edificación : labels , normativas y objetivos.....	13
1.4	Simulación térmica dinámica : Pleiades + Comfie	17
1.4.1	El programa: contexto y presentación	17
1.4.2	Principios de la modelización	18
1.4.3	Implementación informática.....	22
2	CASO PRACTICO : CLIMATIZACION DE UNA BODEGA.....	23
2.1	Introducción.....	23
2.2	Definición del edificio.....	24
2.2.1	Zonificación del edificio.....	24
2.2.2	Requisitos del edificio	24
2.2.3	Pasos de la simulación térmica dinámica	26
2.2.4	Construcción 2D y 3D del edificio.....	26
2.2.5	Escenarios de funcionamiento : modulo de simulación PLEIADES.....	29
2.2.6	Resultados: curvas de temperatura interior	35
3	DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACION	40
3.1	Introducción.....	40
3.2	PASO 1: Calculo de cargas térmicas	41
3.2.1	Punto de partida y hipótesis	41
3.2.2	Resultados de la simulación	44
3.3	PASO 2: Dimensionado y selección del sistema de tratamiento de aire.....	44
3.3.1	Funcionamiento de un sistema de acondicionamiento de aire.	44
3.3.2	Balance energético: modelo y ecuaciones	46
3.3.3	Selección de las maquinas.....	51
3.3.4	Características del ventilador de impulso	54
3.4	PASO 3: Dimensionado y selección del la red conductos de impulsión y del sistema de difusión	56
3.4.1	Dimensionado de la red conductos.....	56
3.4.2	Principio de difusión por conducto textil.....	59
3.4.3	Especificación de los conductos textiles (tramos circulares y antenas de difusión)	61

4	ANÁLISIS DE CONSUMO ENERGÉTICO, IMPACTO MEDIOAMBIENTAL, COSTE ESTIMATIVO.....	63
4.1	Introducción.....	63
4.2	Necesidades de calor y frío.....	64
4.2.1	Resultados : Caso A.....	64
4.2.2	Resultados caso B.....	67
4.2.3	Comparación entre A,B,C y D.....	68
4.3	Eficiencia energética de los locales y consumo de energía final.....	71
4.3.1	Coeficientes de eficiencia.....	71
4.3.2	Diagrama de eficiencia energética de los locales.....	72
4.3.3	Consumo de energía final (electricidad).....	75
4.4	Balance de costes.....	77
4.4.1	Presentación de las obras.....	77
4.4.2	Resumen de los costes de instalación de las UTA.....	78
4.4.3	Coste total anual (Inversión y operación).....	79
4.5	Síntesis de las comparaciones.....	80
4.5.1	Punto de vista: consumo de energía.....	80
4.5.2	Punto de vista emisiones de CO2.....	80
4.5.3	Punto de vista de coste total.....	81
5	CONCLUSIONES.....	81
	Bibliografía.....	82
	ANEXO 1 Plano nº1: Redes de distribución de aire.....	83
	ANEXO 1-2 Plano nº2: Secciones transversales.....	84
	ANEXO 2-1 Materiales y composiciones del edificio.....	85
	ANEXO 2-2 Superficies acristaladas y huecos.....	86
	ANEXO 3 Tabla de caudales de infiltraciones y aire nuevo.....	87
	ANEXO 4 Aportes internos del edificio.....	88
	ANEXO 5 Escenarios de calefacción / refrigeración con PLEIADES.....	89
	ANEXO 6-1 Cargas térmicas de la zonas 1 a 4.....	90
	ANEXO 6-2 Dimensionado de UTA: diagrama psicométrico.....	91
	ANEXO 6-3 Dimensionado de UTA: puntos teóricos edificio 9,5m.....	92
	ANEXO 6-4 Dimensionado de UTA: puntos teóricos edificio 6m.....	93
	ANEXO 7-1 Especificaciones de eficiencia de las UTA ETT CH RR HPE +.....	94
	ANEXO 7-2 Especificaciones técnicas de las UTA ETT CH RR HPE +.....	95
	ANEXO 7-3 Datos de consumo de los ventiladores Plug fan.....	96
	ANEXO 7-4 Dimensiones de las máquinas serie 79 / 99.....	97
	ANEXO 7-5 Dimensiones de las máquinas serie 129.....	98
	ANEXO 8-1 Dimensionado red de conductos / Almacén1 / edificio 9,5m.....	99
	ANEXO 8-2 Dimensionado red de conductos / Almacén2, Logística y empaquetado / edificio 9,5m....	100
	ANEXO 8-3 Dimensionado red de conductos / Logística y empaquetado / edificio 6 m.....	101
	ANEXO 9-1 Selección de los conductos de difusión: parámetros de agujeros.....	102
	ANEXO 9-2 Selección de los conductos de difusión: parámetros de agujeros.....	103
	ANEXO 9-3 Nivel de sonido emitido por los conductos.....	104
	ANEXO 10 Ejemplo de un informe de cálculo del Ashrae Fitting Database.....	105
	ANEXO 11 Detalle de los costes estimativos de la instalación.....	106

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Energía y planeta

En estas últimas décadas han pasado un número de acontecimientos climáticos bastante preocupantes: nos acordamos todos de Katrina, huracanes, tifones, olas de calor y de frío, graves sequías, el deshielo de los glaciares... Todos estos eventos preocuparon aun más los científicos que se pusieron a estudiar estos fenómenos. Los resultados de los estudios mostraron que nosotros seres humanos somos los responsables de este cambio climático. En efecto, estos cambios provienen del efecto invernadero y este último está causado por nuestra utilización de los combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas natural).

Sin embargo siempre ha sido un debate contradictorio el tema de los cambios climáticos, entre si ya existía antes o si la única culpa de hombre. Los científicos afirman que mientras que los cambios climáticos han existido siempre, lo que les preocupa más es el plazo tan corto en que se han producido en comparación con otros cambios climáticos anteriores en la tierra.

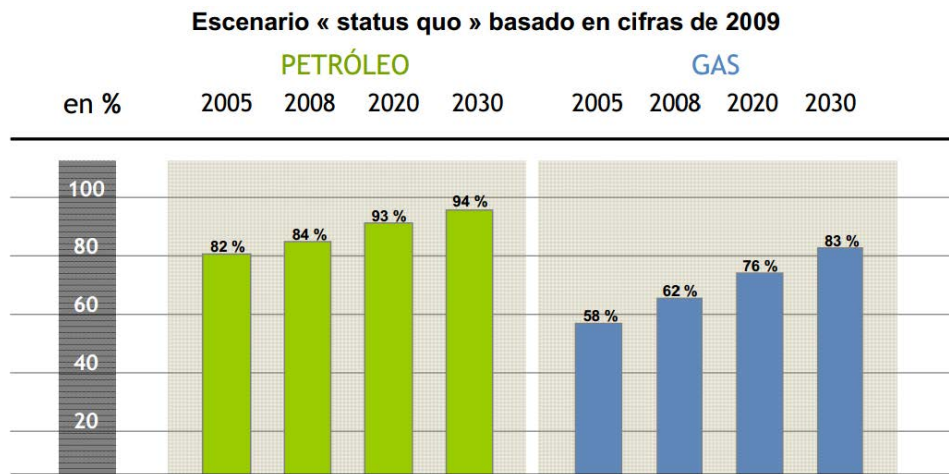
Empezó por un consenso sobre el problema del Cambio Climático Mundial a principios de los 80's. Luego a partir del año 1988, se creó la organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente crearon el IPCC para analizar el cambio climático, y más precisamente sus posibles causas y soluciones. El grupo de expertos entregó su informe de análisis en 2007 que mostró con una certitud casi total que los cambios climáticos estaban provocados por los seres humanos.

Aunque nuestros científicos nos advierten que las temperaturas globales podrían aumentar desde 1,3°C hasta un máximo de 4,3°C. Las reacciones de los gobiernos han sido lentas y no muy concluyentes. El ejemplo más relevante fue la reciente Conferencia de Copenhague la negativa de los países más contaminantes a ratificar el Protocolo de Kioto. Considerando la situación urgente la UE está tomando determinadas medidas para bajar nuestras emisiones de CO₂ en Europa.

1.2 Europa y la política energética

1.2.1 *Energía y Europa : las cifras*

Hoy Europa importa más de la mitad de la energía que consume. Si nada cambia, la tendencia es que nuestra dependencia de los combustibles fósiles sigue aumentando.



Evolución de las importaciones de petróleo y gas: previsión hasta 2030 (datos de la Agencia Europea del Medioambiente, 2010)

La UE ha desarrollado, esencialmente en esta última década, un conjunto de herramientas jurídicas como directivas, recomendaciones y reglamentos, entre otros, que pretenden una utilización racional de la energía. Con ello se pretende evitar la situación de verdadero derroche energético que nos encontramos en la actualidad, fundamentalmente por dos motivos:

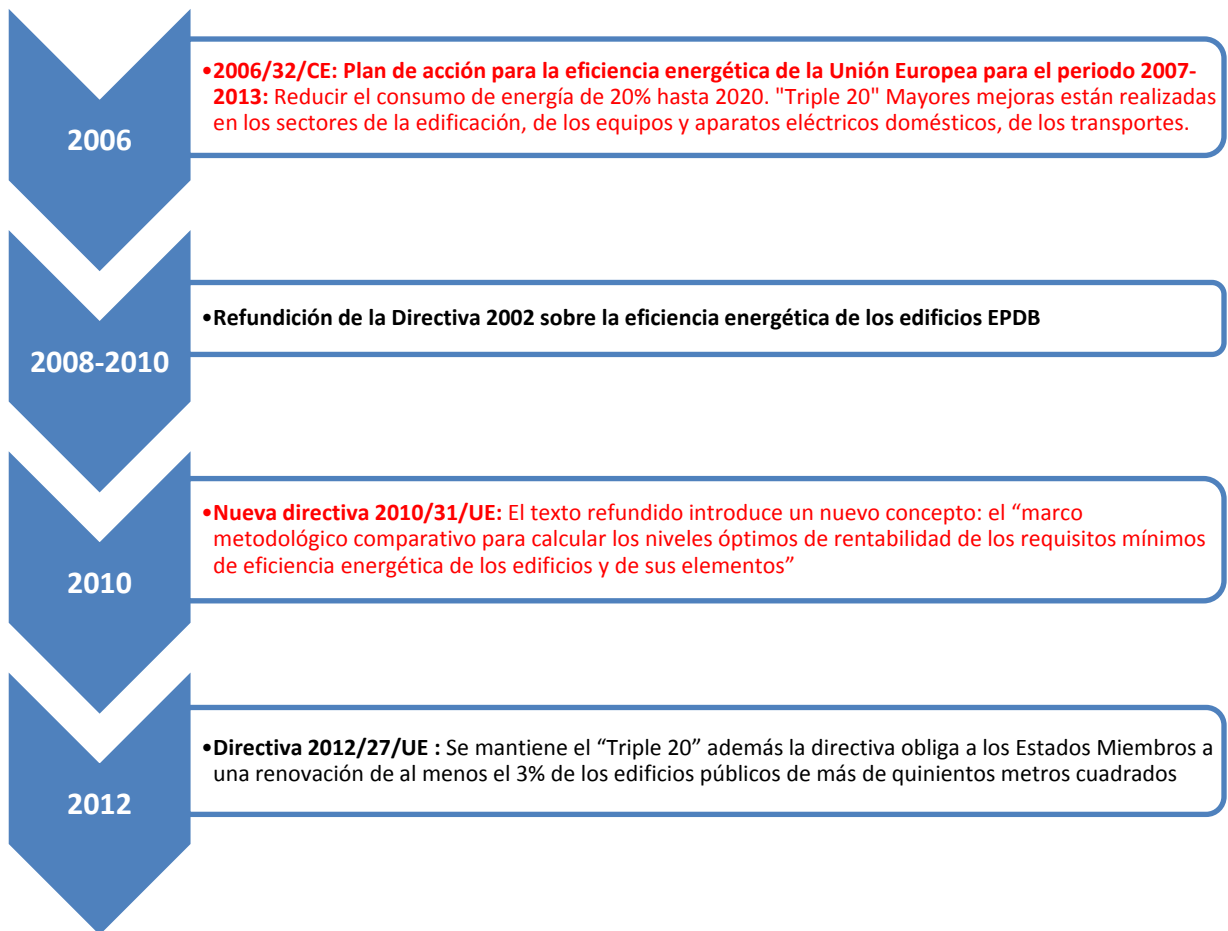
- primero, asegurar una mayor independencia económica (y seguridad en el abastecimiento)
- y segundo, cumplir con los objetivos fijados en la lucha contra el cambio climático

Por eso decidió lanzarse un desafío hasta el año 2020 que se llama el “triple 20”, y consiste en:

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en un 20% (30% si se alcanza un acuerdo internacional).
- Ahorrar el 20% del consumo de energía mediante una mayor eficiencia energética, además, en cada país el 10% de las necesidades del transporte deberán cubrirse mediante biocombustibles.
- Promover las energías renovables hasta el 20%

1.2.2 Cronología de las medidas tomadas por la EU hacia ahora





1.2.3 Un plan de acción energético para cumplir el objetivo "20-20-20"

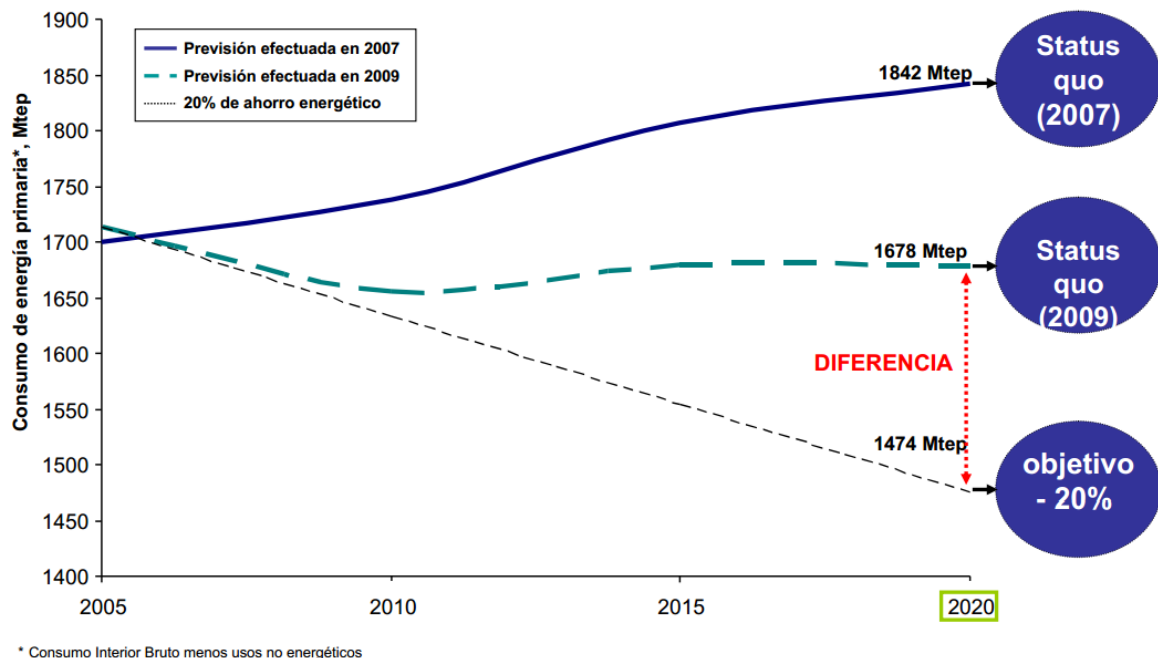
El objetivo del plan de acción es controlar y reducir la demanda de energía, así como actuar de forma selectiva en relación con el consumo y el abastecimiento de energía, a fin de conseguir ahorrar un 20 % del consumo anual de energía primaria de aquí a 2020 (con respecto a las previsiones de consumo energético para 2020). Este objetivo corresponde a la realización de un ahorro de alrededor del 1,5 % al año de aquí a 2020.

Para realizar un ahorro de energía significativo y duradero es necesario, por una parte, desarrollar técnicas, productos y servicios eficientes desde el punto de vista energético y, por otra parte, modificar los comportamientos para consumir menos energía y conservar, al mismo tiempo, la misma calidad de vida. El plan expone una serie de medidas a corto y a medio plazo encaminadas a realizar este objetivo.

El plan de acción abarco un período de 6 años, del 1 de enero de 2007 al 31 de diciembre de 2012. La Comisión considero que este período era suficiente para la adopción y la transposición de la mayoría de las medidas que propone. Entonces, en 2009 se realizo una evaluación intermedia.

1.2.4 2009 : Un balance pesimista

El análisis previo de la situación mostro que si se podían conseguir los dos primeros objetivos de ahí al horizonte 2020, en cambio no era posible siguiendo la tendencia de 2009 de bajar hasta menos 20% el consumo de energía primaria.



Hoy en día todavía los analistas dicen que es comprometido de alcanzar este objetivo por varias razones. Las principales son las siguientes:

- El compromiso político es insuficiente
- Los mercados están poco desarrollados para las mejoras de la eficiencia energética
- Falta de sensibilización activa sobre las posibilidades existentes
- Incentivos insuficientes para la incorporación de la eficiencia energética.

Sin embargo, para mejorar las decisiones tomadas, después del balance de 2009, se tuvo que estudiar y proponer un nuevo plan de acción. Este nuevo plan de acción fue el plan de acción 2011, que por mayor parte se dirige al sector público y al de los transportes.

1.2.5 Los alcances del nuevo plan de acción 2011

¿QUÉ CAMBIARÍA EXACTAMENTE?

- **Enfoque del sector Público**

En la actualidad	Propuestas de la DEE (dirección económica Europea)
El sector Publico representa 19% del PIB de UE	Licitación de bienes, servicios y edificios con alta eficiencia energética
12% de los edificios pertenecen al sector publico	Renovación de un 3% anual de los edificios públicos de más de 500 m ² (directiva 2012)
En general la eficiencia energética de los edificios es baja	Introducción de planes locales de eficiencia energética y sistemas de gestión energética
Una renovación económicamente eficiente puede generar 60% de ahorro	Un uso más sistemático de los contratos de eficiencia energética

- **Otros enfoques implicados**

Las compañías de suministro energético tendrían que animar a los usuarios a reducir el consumo mediante mejoras a la eficiencia tales como sustituir calderas antiguas o aislar las casas.

La industria tendría que ser más consciente de las posibilidades de ahorro energético, y las grandes empresas tendrían la obligación de realizar auditorías energéticas cada tres años.

Los consumidores gestionarían mejor su consumo al recibir mejor información a través de sus contadores y facturas.

Se supervisaría la eficiencia de la **transformación de energía** y, en su caso, la UE propondría medidas para mejorarla, además de fomentar la cogeneración de calor y electricidad.

Las autoridades nacionales reguladoras de la energía tendrían que atender a la eficiencia energética a la hora de decidir qué costes y de qué manera se repercuten en los usuarios.

Se introducirían sistemas de certificación que garantizaran un alto nivel de competencia técnica de los proveedores de servicios energéticos.

¿A QUIÉN BENEFICIARÍA Y CÓMO?

A los consumidores, que dispondrían de mejor información para supervisar su consumo y tener mayor capacidad de decisión sobre su factura energética. (Sería prevista una reducción de 200 000 millones € anuales en 2020)

Al medio ambiente: bajando el consumo energético disminuirían las emisiones de gases de efecto invernadero.

A la economía de la UE, que, además de contar con un suministro energético más seguro, crecería gracias a la creación de empleo, sobre todo en renovación de edificios. (En total se prevería una creación de hasta 2 millones de puestos de trabajo de aquí hasta 2020)

A los organismos públicos, que reducirían el gasto en consumo energético al utilizar edificios, productos y servicios más eficientes.

Para poder dar soluciones en acuerdo con este nuevo plan de acción, varias directivas fueron publicadas, mas especialmente para el sector público y industrial, tanto para las obras nuevas como para las existentes.

1.2.6 Dos directivas importantes para la edificación

1.2.6.1 Directiva 2002/91/CE

La Directiva original es la 2002/91/CE (DEEE, 2003)¹. Entró en vigor el 4 de enero de 2003 y tuvo que ser aplicada por los Estados miembros de la Unión Europea, a más tardar el 4 de enero de 2006. Fue inspirada por el Protocolo de Kyoto, que compromete a la Unión Europea para reducir las emisiones de CO₂ en un 8% en 2010, al 5,2% por debajo de los niveles de 1990.

- **Campo de aplicación**

La directiva concierna el sector de viviendas y el sector terciario (oficinas, edificios públicos, etc...). Sin embargo algunos edificios están excluidos del campo de aplicación de las medidas con respecto a la certificación, por ejemplo los edificios históricos, los sitios industriales, etc. Se concentra en todos los aspectos de la eficiencia energética de los edificios para realizar un enfoque bien integrado.

- **4 puntos esenciales**

Para lograr una mejora en la eficiencia energética del parque edificado, la Directiva se apoya en cuatro herramientas:

- a) el establecimiento de requisitos de uso de la energía en edificios nuevos, y existentes que lleven a cabo grandes obras de renovación
- b) la introducción de certificados de eficiencia energética

- c) Los dos primeros se basan en un otro elemento, que se cita junto a los otros en el *Objetivo* (artículo 1) de la norma: ***una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios***
- d) las inspecciones frecuentes de sistemas centrales de climatización y las calderas de de tamaño medio y grande. La evaluación del sistema de calefacción cuando tiene calderas de más de 15 años.

- **Certificación, requisitos y inspecciones**

Los certificados deben ser entregados durante la construcción, la venta o el alquiler del edificio.

En primer lugar, la directiva está dirigida básicamente para el alquiler, para empujar los dueños que suelen no incluir los gastos energéticos en el alquiler, a tomar medidas responsables y necesarias.

En segundo lugar, la directiva prevea también que los ocupantes (de los edificios) puedan arreglar su propio consumo asociado a la calefacción y a la producción de agua caliente, obviamente si estas medidas se revelan rentables.

Los estados miembros son responsables de la redacción de los requisitos mínimos. Tienen también que controlar que la certificación y la inspección de los edificios sea realizada por un personal cualificado y independiente.

La Comisión, asistida por el comité, es responsable de la adaptación al progreso técnico del anexo. Este mismo contiene los elementos para tomar en cuenta en el cálculo de la eficiencia energética de los edificios y los exigencias con respecto a las calderas y los sistemas de climatización centrales.

1.2.6.2 Directiva 2010/31/UE

La Directiva 2002/91/CE fue refundida tras un largo proceso legislativo, desarrollado, entre los años 2008 y 2010, que resultó en la "Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y Del Consejo, de 19 de Mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición)"

- **Puntos esenciales**

La presente Directiva tiene por objeto promover la eficiencia energética de los edificios, y la eficiencia energética integrada de los edificios o de las unidades del edificio. Esta nueva directiva modifica la **Directiva 91/2002 de eficiencia energética de los edificios**, donde, entre otras medidas, obliga a los Estados miembros a que se aseguren que, como fecha máxima el 31 de diciembre de 2020, los edificios nuevos sean de consumo de energía casi nulo. Y en el caso de los edificios nuevos públicos adelantando la fecha al 31 de diciembre de 2018, dado el papel ejemplarizante que toda Administración debe tener per se.

- **Resumen de estos puntos**

- a) **Fijación de requisitos mínimos**

- Edificios nuevos
- Edificios existentes

- b) **Certificados de eficiencia energética**

- c) **Metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios**

- d) **Objetivo: edificios de consumo de energía casi nulo**

- e) **Incentivos comerciales y barreras financieras**

- a) **Fijación de requisitos mínimos**

Los Estados miembros tienen la obligación de establecer, con arreglo a la metodología de cálculo citada en apartado c), requisitos mínimos en materia de eficiencia energética para alcanzar niveles óptimos en términos de costes. El nivel de estos requisitos se revisa cada cinco años.

Cuando fijan los requisitos mínimos, los Estados miembros pueden hacer una distinción entre edificios nuevos y edificios existentes y entre diferentes categorías de edificios.

Los **edificios nuevos** deben respetar estas exigencias y, antes del inicio de su construcción, ser objeto de un estudio de viabilidad relativo a la instalación de sistemas de abastecimiento de energías renovables, bombas de calor, sistemas de calefacción y refrigeración urbano o colectivo y sistemas de cogeneración.

Los **edificios existentes**, cuando son objeto de trabajos de renovación importantes, deben beneficiarse de una mejora de su eficiencia energética de tal forma que pueda satisfacer igualmente los requisitos mínimos.

Quedan excluidos de la aplicación de los requisitos mínimos:

- los edificios protegidos oficialmente (por ejemplo, edificios históricos);
- los edificios utilizados como lugares de culto;
- las construcciones provisionales;
- los edificios residenciales destinados a una duración de uso anual limitada;
- los edificios independientes de una superficie útil total inferior a 50 m².

Cuando son de instalación nueva, se sustituyen o modernizan, los sistemas técnicos del edificio como los sistemas de calefacción, agua caliente, climatización y grandes instalaciones de ventilación también deben cumplir los requisitos en materia de eficiencia energética.

Los Estados miembros adoptarán las medidas necesarias para garantizar que cuando se proceda a la sustitución o mejora de los elementos de un edificio que integren el envolvente del edificio y que repercutan de manera significativa en la eficiencia energética de dicha envolvente (por ejemplo, marcos de ventana), se fijen unos requisitos mínimos de eficiencia energética para ellos, con el fin de alcanzar unos niveles óptimos de rentabilidad.

Siempre que se reconstruye o renueva un edificio, la presente Directiva fomenta la introducción de sistemas inteligentes de medición del consumo de energía, con arreglo a la Directiva sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad.

b) Certificados de eficiencia energética

Los Estados miembros deben poner en marcha un sistema de certificación de la eficiencia energética de los edificios. Esto último incluye, en especial, la información sobre el consumo energético de los edificios, así como las recomendaciones relativas a la mejora de los costes.

Cuando un edificio o una unidad de un edificio se proponen para la venta o alquiler, el indicador de eficiencia energética del certificado de eficiencia debe figurar en la publicidad que aparezca en los medios publicitarios.

Durante la construcción, venta o alquiler de un edificio o de una unidad de un edificio, este certificado se mostrará al nuevo inquilino o al comprador potencial, y se le transmitirá.

En cuanto a los edificios con una superficie total superior a 500 m² que estén ocupados por una autoridad pública y los edificios con una superficie total superior a 500 m² que reciban visitas frecuentes del público, se colocará el certificado de eficiencia energética en un sitio claramente visible (dicho límite se reducirá a 250 m² el 9 de julio de 2015).

Los Estados se encargan de poner en marcha un sistema de control regular de los **sistemas de calefacción y climatización** de los edificios.

c) Metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios

Los Estados miembros tienen la obligación de adoptar, a nivel nacional o regional, una metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios que tiene en cuenta determinados elementos, en especial:

- las características térmicas del edificio (capacidad térmica, aislamiento, etc.);
- la instalación de calefacción y de agua caliente;
- las instalaciones de aire acondicionado;
- la instalación de iluminación incorporada;
- las condiciones ambientales interiores.
- La influencia positiva de otros elementos como la exposición solar local, la iluminación natural, la producción eléctrica por cogeneración y los sistemas de calefacción y refrigeración urbanas o colectivas también se tienen en cuenta.

d) Objetivo: edificios de consumo de energía casi nulo

A partir del 31 de diciembre de 2020, todos los edificios nuevos deben tener un consumo de energía casi nulo. Los nuevos edificios que estén ocupados y que sean propiedad de las autoridades públicas deben cumplir los mismos criterios después del 31 de diciembre de 2018.

La Comisión promueve el crecimiento del número de edificios de este tipo mediante la puesta en marcha de **planes nacionales**, que incluyen:

- La aplicación detallada en la práctica por el Estado miembro de la definición de edificios de consumo de energía casi nulo
- unos objetivos intermedios para mejorar la eficiencia energética de los edificios nuevos en 2015 a más tardar información sobre las políticas y medidas financieras o de otro tipo adoptadas para promover los edificios de consumo energético casi nulo.

e) Incentivos comerciales y barreras financieras

Los Estados miembros se encargan de establecer una lista de instrumentos existentes y potenciales cuyo objetivo es promover la mejora de la eficiencia energética de los edificios. Esta lista se actualiza cada tres años.

Estas dos directivas comunes a todos los países de Europa, se completo por leyes propias para cada país. Como el caso del estudio fue desarrollado en Francia, entonces en la parte siguiente comentaré como la legislación Francesa controla y valida la eficiencia Energética en los edificios.

1.3 Legislación francesa para la eficiencia energética y la ecología

1.3.1 Punto de partida : la “Grenelle” del medioambiente

Es el nombre dado a un conjunto de encuentros políticos organizados en Francia en septiembre y octubre 2007. Estas reuniones de políticos permitieron de tomar decisiones a largo plazo en términos de medio ambiente y desarrollo sostenible, especialmente para restablecer el equilibrio de la biodiversidad gracias a la puesta en marcha, por un lado, de un sistema regional de coherencia ecológico, y por otro lado de un sistema de mejora de la eficiencia energética. Los dos permitirían de respetar más el medio ambiente bajando las emisiones de gases con efecto invernadero.

Ese grupo de políticos han organizado un debate, mediante 6 grupos de trabajo juntando 40 miembros divididos entre 5 categorías. Cada categoría representaba los actores del desarrollo sostenible:

- Grupo 1: “Luchar contra el cambio climático y controlar la demanda de energía”
- Grupo 2: “Proteger la biodiversidad y los recursos naturales”
- Grupo 3: “Garantizar un entorno medio ambiental respetuoso de la salud”
- Grupo 4: “Adoptar modos de producción y de consumo sostenible”
- Grupo 5: “Construir una democracia ecológica”
- Grupo 6: “Promover los medios de desarrollo ecológicos favorables al empleo y a la competitividad.”

Cada grupo tenía que organizarse entre 3 talleres:

- Taller nº1 : Transporte y desplazamiento
- Taller nº2: Edificación y urbanismo
- Taller nº3: Energía y almacenamiento del carbono

Esos encuentros dieron lugar a una serie de leyes “Grenelle” I, II, III para impulsar el desarrollo sostenible en cada sector de actividad. Un programa a favor de las energías renovables fue lanzado en los distintos sectores para soportar y promover el desarrollo de las energías hidráulicas, eólicas, biomasa, geotérmica, solar fotovoltaica, y solar térmica. Gracias a este empuje se pudo crear un sistema de subvenciones para diseñar edificios aún más eficientes.

1.3.2 Sector de la edificación : labelos , normativas y objetivos

Se fijaron nuevas límites de eficiencia energética en el sector público y privado con objetivos de promover las construcciones sostenibles. Especialmente para las obras existentes se tiene como objetivo de bajar su consumo energético de 38% en 2020.

De forma más concreta se tendrá que haber entregado los grupos de trabajo proposiciones tecnológicas, organizativas, financieras, legislativas y comerciales, y también en términos de evaluación y verificación, seguros y certificación. En total 18 proposiciones han salido de esos talleres, entre las cuales unos labelos asociados con una reglamentación térmica.

1.3.2.1 Edificios nuevos

A partir del año 2010, todos los edificios y equipos públicos, tanto como los edificios terciarios tuvieron que respetar el índice “Edificio bajo consumo” (BBC), es decir que en media su consumo deberá ser inferior a 50 kWh_{EP}/m².año, o ser a energía pasiva o positiva. Las energías renovables las más eficientes tendrán siempre que ser integradas.

Las viviendas privadas tendrán que consumir menos energía. Tendrán que respetar el índice de alta eficiencia energética THPE desde 2010, luego el índice BBC en 2012, y tendrán que ser a energía pasiva a partir del año 2020.

1.3.2.2 Edificios Existentes

Para todos los edificios públicos, se realizara un balance Carbono / energía. Los edificios serán reformados combinando eficiencia energética y accesibilidad cerca de 2015, y a partir de 2012 por los edificios del estado. Se acelerara la mejora de las viviendas sociales; y los futuros requisitos anticipados (consumo inferior a 80 o 50 kWh_{EP}/m².año).

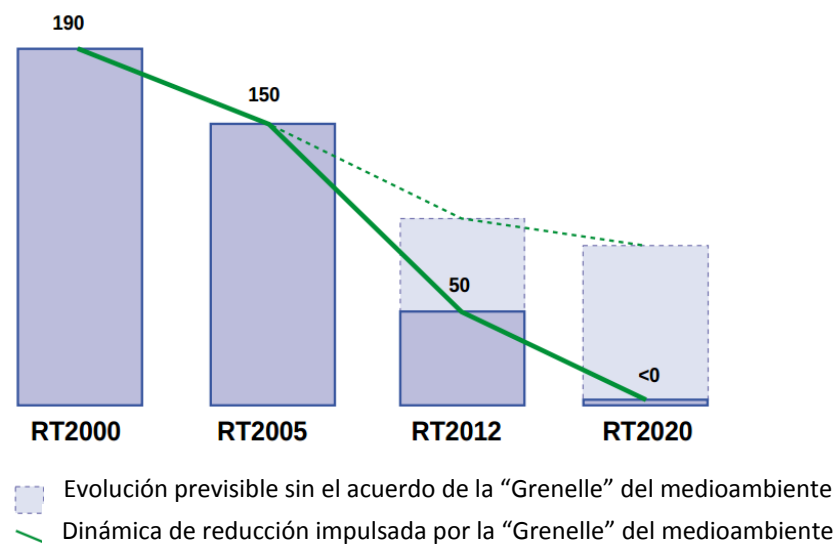
Para los edificios privados, se pondrán en marcha unos mecanismos de iniciativas. Una obligación de reforma se estudiara para alcanzar las mejoras clases del etiquetado del Diagnostico de Eficiencia Energética DPE. A propósito, se hará un esfuerzo adicional en la clase G que permitirá luchar contra la precariedad energética hasta 2012.

Por fin se desarrollara una masiva campaña de formación profesional adaptada a las necesidades específicas de la reforma térmica.

1.3.2.3 RT 2012

Para reducir de manera durable los gastos de dinero en energía, la “Grenelle” del medioambiente prevea el lanzamiento de un programa de reducción del consumo energético de los edificios. Desde la puesta en marcha de una reglamentación térmica (1974), el consumo energético de los edificios nuevos ha reducido de la mitad. La “Grenelle” del medioambiente prevea de dividirla ahora por 3 gracias a la nueva reglamentación térmica, llamada RT 2012.

Aquí abajo se muestra la evolución de las exigencias reglamentarias para el consumo energético de los edificios nuevos: un cambio impulsado por la “Grenelle” del Medioambiente (consumos en kWhEP/ (m².año))

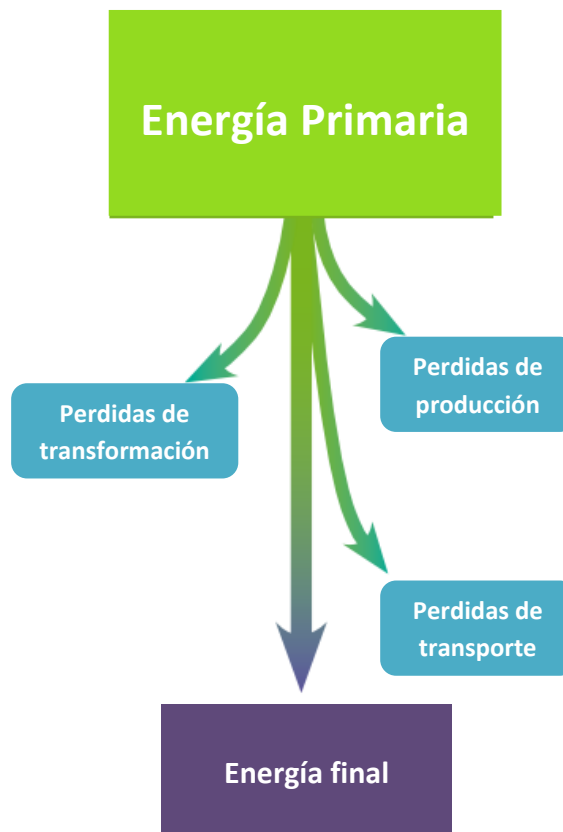


Energía final, Energía primaria

La reglamentación térmica 2012 tanto como la Reglamentación térmica 2005, expresa las exigencias en energía primaria de un edificio que no son las mismas.

La Energía final es la cantidad de energía disponible para el usuario final. La energía primaria representa la energía necesaria para producir esa energía final.

Entonces la RT 2012 toma en cuenta las pérdida de energía a lo largo de la cadena conversión de energía *cf. figura en la página siguiente*.



Una reglamentación basada en 3 indicadores

La RT 2012 incluye 3 exigencias de resultados con respecto a la eficiencia de los edificios. Estos 3 indicadores describen la eficiencia general del edificio, no describen la eficiencia de cada elemento de construcción y sistemas energéticos por separados. Así, los diseñadores tienen un grado de libertad más alto.



Las necesidades de energía: Bbio

Está definido por el coeficiente Bbio y se amplía para las necesidades energéticas de la calefacción, de la refrigeración y de la iluminación artificial. La aplicación de este coeficiente tiene por objetivo de limitar los gastos energéticos desde el diseño antes de la construcción del edificio, favoreciendo el diseño bioclimático. Entonces los estudios que se suelen desarrollar optimizan los aportes los aportes naturales de calefacción y de luz (orientación, obstáculos de luz...), el aislamiento, la permeabilidad. Y eso aparte de los aparatos de producción energética elegidos.

Un límite $B_{bio_{max}}$ esta impuesta para cada zona climática del país, este coeficiente toma en cuenta la ubicación geográfica, la altura y la superficie de los edificios.

El consumo máximo de energía:

Está definida por el coeficiente de energía primaria (Cep) donde el valor esta expresada en kWhEP/(m².an). Concernía la calefacción, la refrigeración la producción de agua caliente sanitaria, y todos los equipos auxiliares de calefacción, de refrigeración, de agua sanitaria y de ventilación (excluye la producción de electricidad interna). El cálculo del consumo de energía primaria toma en cuenta los mismos parámetros de ubicación y altura, además los usos de del edificio y las superficies de emisión de gases con efecto invernadero.

La temperatura par el confort de verano:

Llamada temperatura interior convencional (Tic), es el calor máximo horario alcanzado en verano para un día que nos permite obtener un nivel de confort en verano aceptable y eso sin refrigeración.

1.3.2.4 Situación del edificio estudiado con respeto a estas normas.

Primero, como obtuvo su permiso de construcción justo antes de la puesta en aplicación de la regla 2012, pues no se aplicaba esta última. Segundo, como este edificio tiene “necesidades de control especial del ambiente (humedad y temperatura)”, pues no está sometido a los límites de consumo impuestos por la regla térmica en general; lo cual no quita que pueda obtener un labelo basado en su eficiencia energética si consigue alcanzar los requisitos enunciados antes.

1.4 Simulación térmica dinámica : Pleiades + Comfie

1.4.1 *El programa: contexto y presentación*

Al final de los años 80, dos tipos de herramientas estaban disponibles para estudiar la eficiencia térmica de los edificios: los métodos simplificados (balances mensuales como el de la reglamentación térmica), y las herramientas más precisas (TRNSYS, DOE2, ESP...) muy poco utilizadas en el entorno empresarial siendo demasiado costoso debido al tiempo necesario para la entrada de datos y a la formación necesaria. En este contexto fue desarrollado el programa con el que trabajé en la empresa SNC LAVALIN, gracias a las técnicas de reducción desarrolladas en los centros de estudios energéticos (Bacot, 1984), (Peuportier, 1988), (Blanc Sommereux, 1989).

La meta principal de este programa es de estudiar la viabilidad de los enfoques bioclimáticos, y en particular de los conceptos de aislamiento transparente, a la vez en términos de ahorro de energía y de comodidad. Para conseguir estos objetivos, es necesario estudiar a la vez las necesidades de calefacción y las evoluciones de temperatura, lo que no permiten los métodos simplificados. Por otra parte, la simulación permite de manera más precisa los aportes solares en función de la inercia del edificio, y de tomar en cuenta los intercambios entre zonas.

Este enfoque podía parecer un poco inadecuado en un contexto donde la energía era de bajo coste. Sin embargo esta idea convenció a unos desarrolladores, y una primera interface fue desarrollada en Macintosh.

La idea de tomar en cuenta los aspectos medioambientales en la concepción de los edificios fue desarrollada con interés especial, con el efecto de la mediatización traído por la **asociación "HQE" alta calidad energética** (asociación francesa para la certificación de los edificios verdes, se puede comparar con la BREEAM/LEED en Inglaterra en algunos puntos). Mientras que esta misma asociación no hacía la promoción de la simulación térmica, las exigencias en términos de comodidad hacen que un número creciente de profesionales eligen esta herramienta. El desarrollo de la interfaz Pleiades facilitó el uso y entonces la difusión del motor de cálculo Comfie en el entorno profesional.

1.4.2 Principios de la modelización

Para la fase de análisis térmico de un edificio, una herramienta de estudio dinámico es necesaria para modelizar el almacenamiento de calor y evaluar los beneficios del sol. Dentro de esta familia de herramientas, los modelos de diferencias finitas son los más generales porque pueden tomar en cuenta fenómenos muy variados. Desarrollado con ordenadores, las herramientas de este tipo de uso profesional estaban limitadas en los años 80 al caso mono zona (una sola temperatura de aire en todo el edificio). Podemos tomar el ejemplo de CASAMO (Watrenez, 1985).

Gracias a las técnicas de reducción de modelos, ha sido posible de describir más precisamente un edificio, considerando varias zonas térmicas. Este programa utiliza aquí una simulación simplificada en la cual el modelo de diferencias finitas fue reducido por análisis modal. Este método fue inicialmente desarrollado para la mecánica antes de tener su aplicación en el campo de la térmica (Carter, 1979). La teoría ha sido completada (Bacot, 1984) para dar lugar a distintas aplicaciones en térmica del edificio (Neveu, Lefebvre, Salgon, Sicard, 1987).

Los principales fenómenos relacionados con la evolución de la térmica de los edificios pueden ser representados o aproximados por ecuaciones lineales. Cuando se puede aislar un sistema lineal, es posible de utilizar el análisis modal. Obtenemos entonces una modelización simplificada de los fenómenos lineales. Esta simplificación es un poco costosa en tiempo de cálculo porque tenemos que diagonalizar una matriz y efectuar un cambio de base. En este programa, el periodo de simulación puede dividirse entre un número definido de intervalos sobre las cuales el sistema será invariable. La inversión en tiempo es más rentable porque la reducción del modelo acelera la simulación.

Pero existe también fenómenos representados por ecuaciones no lineales (por ejemplo la convección natural), y por otra parte el sistema lineal puede ser variable (el cierre de un postigo aumenta la resistencia térmica de una ventana). En el modelo del programa la parte lineal y la no lineal simplificada ha sido separada y acoplada en fase de simulación al modelo modal reducido. Para asegurar la homogeneidad de la modelización, los fenómenos no lineales se han tomado en cuenta con ecuaciones simplificadas.

1.4.2.1 Principales hipótesis y límites del modelo

El modelo tiene su base sobre el concepto de “Zona térmica”, subconjunto del edificio considerado a temperatura homogénea. Esta descripción es buena como aproximación de la realidad.

Las ecuaciones de mecánica de los fluidos no están integradas al proceso de simulación simplificado. Los intercambios de air están aproximados por correlaciones (Blay, 1986). Las infiltraciones de air no están calculadas, porque se tendría que conocer la distribución de velocidades y las direcciones del viento en el sitio donde está construido el edificio una vez acabado este mismo, y eso plantea otro problema. Hay que calcularlas aparte y el programa nos facilita indicaciones que están dadas para evaluar los intercambios de air en función de la configuración (basado en el código de la edificación y la normativa **EN 12831**).

Las transferencias convectivas y radiativas al nivel de las superficies de las paredes están reunidas en un coeficiente de intercambio único “h”. La consecuencia es que la temperatura de zona no es exactamente una temperatura de aire, pero se acerca de la temperatura resultante, ponderación de la temperatura de aire y de las temperaturas de las paredes. Esta temperatura es un buen indicador de la comodidad térmica, y se supone que el ocupante arregla el termostato para obtener una temperatura resultante confortable: el puede compensar un efecto de pared fría aumentando un poco la consigna. Así es la temperatura resultante que está regulada y no la temperatura del aire.

La radiación solar entrante en una zona para los vidrios está repartida entre distintas paredes opacas a la prorrata de las superficies, después de haber deducido, en función de los factores de absorción, la fracción redirigida hacia el exterior. Es decir que, consideran esta radiación como difusa. Es difícil de saber cómo los espacios van a recibir los muebles, de manera practica la radiación directa esta reflejada por los muebles. La repartición del flujo, considerado como difuso, esta de hecho bastante realista.

Como hemos visto en el párrafo de antes, los fenómenos no lineales o con parámetros variables pueden ser desacoplados del sistema lineal fijo. Esto puede implicar diferencias en las dinámicas rápidas. De hecho, la herramienta se usa en práctica con un paso de tiempo de 1h cuando queremos evaluar las necesidades de climatización/calefacción, y un cuarto de hora hasta un 1/10 de hora cuando se desea obtener los perfiles de temperatura más precisos (estudios de intermitencia del confort de verano). El análisis no está desarrollado hasta intervalos de tiempo muy pequeños, modelos aun más detallados serian necesarios.

Entonces parece que la etapa de reducción modal sea un freno cuando se quiere tomar en cuenta los efectos complejos ilustrados más arriba, y que son problemas comunes a todas las herramientas de simulación. Las ventajas de los modelos reducidos en términos de ahorro de tiempo de cálculo permiten de describir más precisamente el edificio (numero de zonas) y/o efectuar estudios de sensibilidad más completos.

1.4.2.2 Algoritmo de resolución

La elaboración de un modelo de diferencias finitas es bastante clásica (Neveu, 1984), en este programa ha sido desarrollada en cada zona. Las paredes están descompuestas, en unidimensional, maillas sobre las cuales aplicamos un balance térmico suponiendo que la temperatura es uniforme. Para que esta hipótesis de uniformidad no sea demasiado alejada de la realidad, tendríamos, en teoría que descomponer en maillas muy finas. Pero, el objetivo es de reducir el tiempo de cálculo para adaptarse al uso profesional. El compromiso que fue elegido consista en ubicar las pequeñas maillas en lugares adecuadas para que la uniformidad de la temperatura sea máxima.

La primera idea es de no agrupar en una mailla las capas de materiales separadas por un aislante. Luego, el numero de maillas tiene que ser el más importante en las paredes masivas que en las tabiques más ligeras. Al final, nos interesamos a las temperaturas en las distintas zonas del edificio, y estas mismas están influenciadas por las caras internas de las paredes, y esta ultimas también por las variaciones de potencia de calefacción (equipo regulado, intermitencia...) La decisión que se tomo entonces, fue de poner maillas más finas a la superficie interna de la pared. Una razón geométrica r relaciona la espesor de las maillas sucesivas: si e define el espesor de la mailla la mas al interior, su vecina tiene para espesor $r.e$, la siguiente $r^2.e$, etc... El valor de r puede ser modificado, como lo del número n de mallas ubicada en los muros masivos.

Siendo definidos en función de n y r , las maillas no correspondan en general con las capas de materiales. Las propiedades físicas de los diferentes materiales que constituyan una mailla están de hecho combinados: las inercias y las resistencias térmicas.

Disponemos entonces de una herramienta de mailla parametrizable (en función de n y r), esto permite de construir modelos más o menos finos. Esta mailla puede ser cualificada de automática: las paredes están “auto-formadas” para determinar el número de mailla y su disposición, entonces el usuario no necesita de definir el mismo estas elecciones. Distintas valores de n y r han sido comparadas (Peuportier y Blanc Sommereux, 1988). Para distintos tipos de muros, se muestra que solo 3 maillas están necesarias para obtener resultados casi iguales (error de $0,1^{\circ}\text{C}$) en comparación con una referencia de 20 maillas. El valor de r es poco influente, un valor de 3 fue elegida entonces.

No hay nunca maillas dentro de los aislantes, porque su capacidad térmica se puede despreciar frente a las de los materiales de paredes. Un aislante térmico solo esta modelizado entonces simplemente con una resistencia térmica, su inercia térmica se suma a la de la/las mailla(s) vecinas.

No se ubica tampoco mailla en un acristalamiento: la superficie acristalada es elevada en comparación con su volumen, y se supone que el régimen permanente se alcanza rápidamente en estos componentes. La resistencia térmica variable relacionada al uso de las ocultaciones (cortinas, postigos,...) está tomada en cuenta al nivel de la simulación, introduciendo una potencia de calefacción equivalente a la bajada de las pérdidas. El aire, el mobiliario y los eventuales tabiques ligeros contenidos en las zonas esta agrupas en una única mailla. El clima es representado por años tipos, por ejemplo "Test Reference Year "(Lund, 1985).

Cada modelo de zona esta reducido enseguida por análisis modal. Los estudios de validación mostraron, en comparación con un modelo que no está reducido, que 6 modos son suficientes para darse cuenta del comportamiento dinámico de las zonas. El primer modo, asociado con la constante de tiempo más grande, representa la evolución general del sistema hacia el régimen permanente. Las otras representan dinámicas más rápidas asociadas a los componentes (muros, suelos...) y a aportes de potencia, por ejemplo (variaciones de radiación solar cotidiana, una potencia de calefacción regulada) etc.

Los modelos reducidos de hecho son acoplados (Blanc Sommereux et Lefebvre, 1989). Se trata de juntar los sub-sistemas de matrices de cada zona en un modelo global de edificio. Los aportes exteriores están separados de las temperaturas de interfaz, que constituyen las variables de acople. El sistema global, esta luego integrado según el periodo de tiempo de estudio deseado por el usuario (6min hasta 1h), y las variables acopladas están borrados luego.

Los fenómenos no lineales y/o variables están acoplados a este modelo modal global gracias a las solicitaciones de potencia inyectada dentro de las distintas zonas. Los intercambios de potencia por ventilación por ejemplo se suman a la potencia de calefacción y a los aportes internos de manera a constituer una solicitud única en cada zona.

1.4.3 Implementación informática

El programa está escrito en lenguaje Pascal, dentro del entorno Delphi. Un edificio esta descrito como una estructura de objetos relacionados con punteros (Peuportier et Blanc Sommereux, 1988). Los componentes de base, materiales, superficies acristaladas, revestimiento de paredes etc. Son combinados para formar estructuras complejas: paredes, zonas, edificio entero. El comportamiento de los ocupantes relacionado con el uso del edificio (oficinas, y salas....) está definido dentro de un escenario de ocupación que incluye los perfiles de temperaturas de consigna, de ventilación y de aportes internos para cada día de la semana.

Cada objeto está relacionado con los demás con un puntero: una zona térmica contiene punteros sobre cada unas de sus paredes, cada pared conteniendo ella misma punteros sobre superficies acristaladas, mascarar, etc. El interés de una estructura así es de facilitar la modificación, la adición, la supresión de datos o la sustitución de componentes a cualquier nivel del programa y del proyecto. La programación orientada objeto permitió de añadir componentes, por ejemplo: cálculos de iluminación, paredes solares, sistemas fotovoltaicos solares térmicos.

2 CASO PRACTICO : CLIMATIZACION DE UNA BODEGA

2.1 Introducción

Para darse la posibilidad de vender vino en mayor cantidad y exportarlo a nivel internacional, el propietario del Castello Prieuré Lichine, junto con un inversor financiero decidieron construir un edificio futurista en los afueras de Bordeaux. Este edificio se basa en el principio de un centro logístico pero quedando las propiedades de una bodega tradicional. Una parte del vino almacenado viene de la producción Prieuré Lichine, y otra parte de vinos comprados a productores de denominación “Bordeaux”.

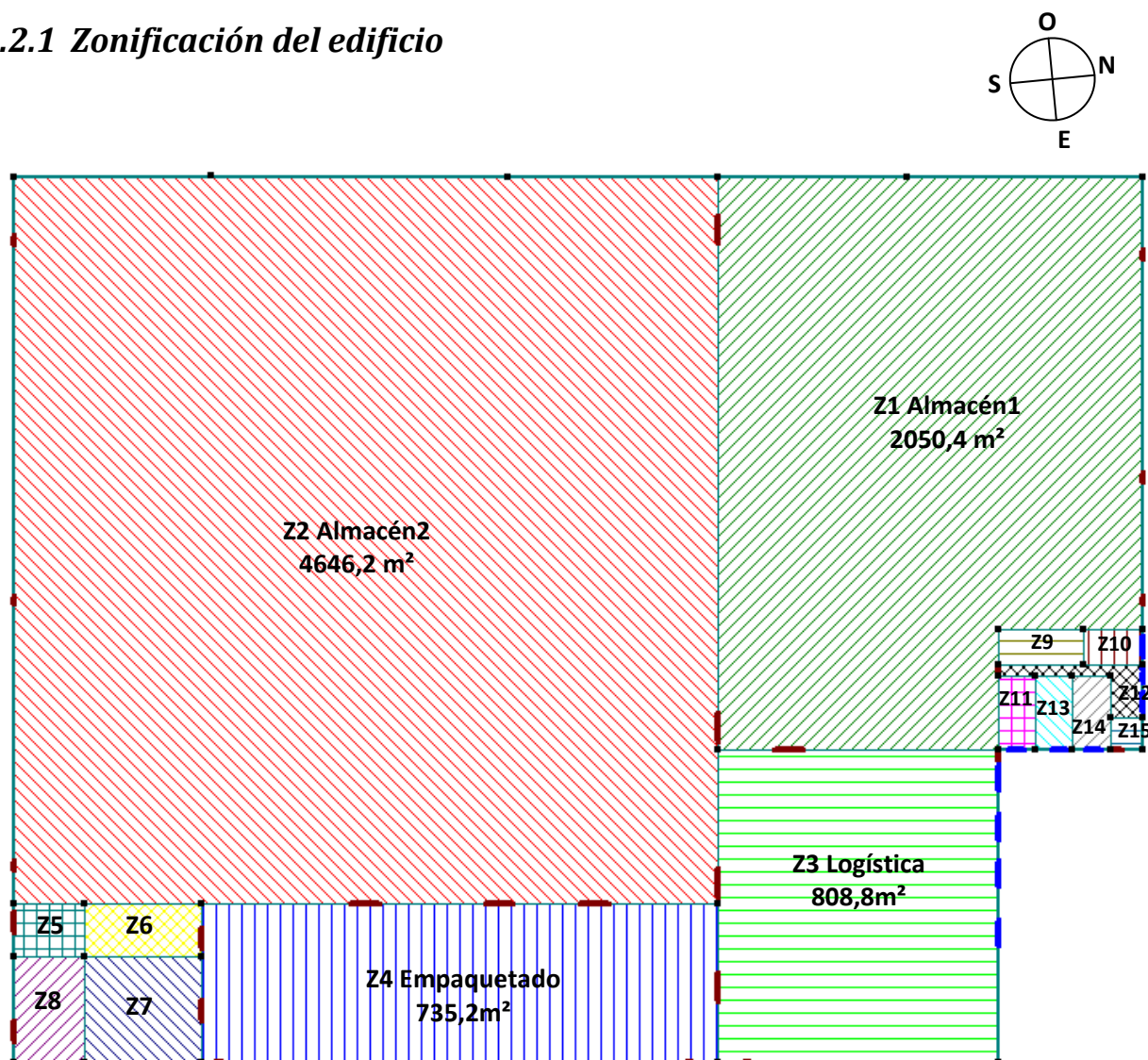
Los vinos vendidos por esta empresa pueden tener hasta 20 años de madurez. Hasta ahora cuentan unas 2 millones de botellas almacenadas que representan alrededor de 60 Millones de euros almacenados. Este almacén está diseñado pensando en el futuro, tanto por los materiales empleados que por la capacidad evolutiva del stock, prevén de subir hasta 6 millones de botellas en los próximos años. Todavía, no suele ser el caso de la mayoría de edificios del sector alimentario sobre todo debido a las altas necesidades de frio, pero en este caso, invirtiendo el dinero necesario, se han conseguido resultados interesantes que vamos a comentar tras los capítulos siguientes.

Visto desde el exterior es un cubo masivo de hormigón blanco. Es una mezcla perfecta de sobriedad, y tecnología.



2.2 Definición del edificio

2.2.1 Zonificación del edificio



2.2.2 Requisitos del edificio

Los Almacenes de Vino 1 y 2 que necesitan mantener una temperatura constante todo el año. Para el estudio haremos los cálculos con un valor de 16°C, adecuada para almacenar el vino (temperatura entre 14-18°C). En general, debido a la precisión de los sistemas de regulación de temperatura, y según la severidad de las temporadas del año; la temperatura de estos almacenes podrá variar de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ con respecto a la consigna. Se tendrá que cumplir un requisito de humedad que tendrá que ser por encima de 55%HR. Estas condiciones se mantendrán 24 h/ día y 365 días al año.

Después tenemos las zonas de logística y de empaquetado que también tendrán que cumplir los mismos requisitos que los almacenes.

La zona de vestuarios y oficinas vista en la *figura* de arriba, tendrá una consigna de termostato de 21 ° C durante las horas laborales en invierno. En verano tendrán una consigna de 25 ° C las zonas acristaladas de esta área. Para mantener el edificio en temperatura se pondrá un límite bajo de 15 ° C en los periodos no laborales.

Al lado del empaquetado se tendrá una área de 4 cuartos técnicos que no tendrá calefacción o refrigeración. Solo el cuarto de Sprinkler tendrá un poco de calefacción para mantener la zona encima de 5°C, es un respaldo seguridad.

Habrà que tener en cuenta también los volúmenes ocupados por los camiones durante las horas de carga / descarga cada día. Estos volúmenes cumplirán las mismas condiciones que la zona de logística.

Tabla de resumen de requisitos en cada zona

		Zona	Temperatura admisible	Con ocupación		Sin ocupación		Humedad relativa
				Consigna invierno	Consigna verano	Consigna invierno	Consigna verano	
Locales de mayor volumen	Almacén 1	1 2 3 4	16 ± 2°C	16°C	16°C	16°C	16°C	55..80% HR
	Almacén 2		16 ± 2°C	16°C	16°C	16°C	55..80% HR	
	Logística		16 ± 2°C	16°C	16°C	16°C	55..80% HR	
	Empaquetado		16 ± 2°C	16°C	16°C	16°C	55..80% HR	
Cuartos Técnicos	Cuarto de Transfo	5 6 7 8	< 40°C	/	/	/	/	50 ± 5 %
	Cuarto de mantenimiento		/	/	/	/	/	50 ± 5 %
	Cuarto Sprinkler		> 5°C	5°C	/	5°C	5°C	50 ± 5 %
	Cuarto materias secas		/	/	/	/	/	50 ± 5 %
Vestuarios	Vest+Baño+aseo	9 10 11 12 13 14 15	≥ 21°C	21°C	/	15°C	/	50 ± 5 %
	Comedor		21..25°C	21°C	25°C	15°C	/	50 ± 5 %
	Oficina Reunión		21..25°C	21°C	25°C	15°C	/	50 ± 5 %
	Circulación + Entrada		≥ 15°C	15°C	/	15°C	/	50 ± 5 %
	Oficina		21..25°C	21°C	25°C	15°C	/	50 ± 5 %
	Local_sin_occup		≥ 15°C	15°C	/	15°C	/	50 ± 5 %
	Cuarto redes VDI		≤ 25°C	/	25°C	25°C	25°C	50 ± 5 %

2.2.3 Pasos de la simulación térmica dinámica

La entrada de datos se ejecuta en 3 pasos mayores que son

- Construir el edificio sobre la base de planos 2D para cada planta hasta tener el modelo 3D entero
- Pasar al modulo de cálculo y entrar los escenarios de funcionamiento
- Entrar los datos climáticos correspondientes a la ubicación del edificio

Cada paso esta interconectado, así que si queremos cambiar algo durante la entrada de datos no tendremos que volver a insertar todo de nuevo. Una ventaja muy interesante de Pleiades + COMFIE es que nos permite añadir cerramientos o paredes adicionales después de haber todo acabado y de simular de nuevo.

Una otra ventaja es que permite cambiar parámetros de geometría y de física de los edificios de manera incremental, así no perdemos tiempo a modificar por ejemplo el espesor de un aislante o su conductividad y simular cada caso.

Los resultados están dados en forma de variantes que se guardan aparte en una base de datos. Esta ultima permite comparar cada variante entre ellas según muchos criterios que se pueden elegir (composición de paredes, orientación, escenario de funcionamiento) etc.

2.2.4 Construcción 2D y 3D del edificio

2.2.4.1 Paredes: interna, externa, losa, forjado intermedio, Techo (ver anexo)

En el caso de un edificio industrial nuevo entonces los materiales son utilizados actualmente en la obra para cumplir las nuevas normas de ahorros de energía. En este caso se quería crear una atmosfera parecida a la de una cueva tradicional.

El aislante interior fue realizado por paneles de 8cm de corcho expandido, este material de color gris negro da un aspecto natural y su producción es mucho más eco – eficiente que otros aislantes más comunes.

El envolvente también es bastante vanguardista porque está hecho de Hormigón blanco especialmente diseñado por ITALCIMENTI y preparado por una cementaría local. Este hormigón tiene propiedades térmicas mejores que un hormigón básico, y aporta masa térmica para permitir suavizar las evoluciones de temperaturas internas.

Por último, el techo está construido con caja autoportante de acero aislado desde el exterior con lana de vidrio semidura de 12cm de espesor, y impermeabilizado con capas de alquitrán.

2.2.4.2 Aperturas: puertas y ventanas (ver anexo)

Las puertas por defecto son puertas metálicas corta fuego 93cm×204cm, y el tipo de vidrio para las aperturas es un vidrio PLANILUX de coeficiente de transferencia medio $U = 3.68W/m^2.K$. El resto de las superficies acristaladas son puertas incluyendo ventanas, que tienen una armadura metálica y el tipo de vidrio por defecto PLANILUX. Entonces el U de estas últimas superficies está calculado mediante un porcentaje de U de la armadura y del vidrio.

2.2.4.3 Colores y acabados de las paredes

Más que los acabados los colores también pueden influir en la transferencia de calor en las paredes exterior, en este caso las paredes exteriores son blancas (hormigón TARGA), las interiores marrón-negras y el techo de alquitrán negro.

2.2.4.4 Los puentes térmicos (por defecto según la composición de las paredes)

El programa considera los puentes térmicos desde el exterior hacia el interior y afecta coeficiente de transferencia automáticamente según los materiales elegidos. Los puentes térmicos entre zonas internas son nulos. Aunque actualmente se trata de eliminar lo máximo de estos puentes es bastante difícil de no hacer caso de ellos. Se consigue bien reducirlos en la superficie de las paredes exteriores con las técnicas de aislamiento usuales pero son mayores en las esquinas y interfaces de paredes exteriores / suelos / techos.

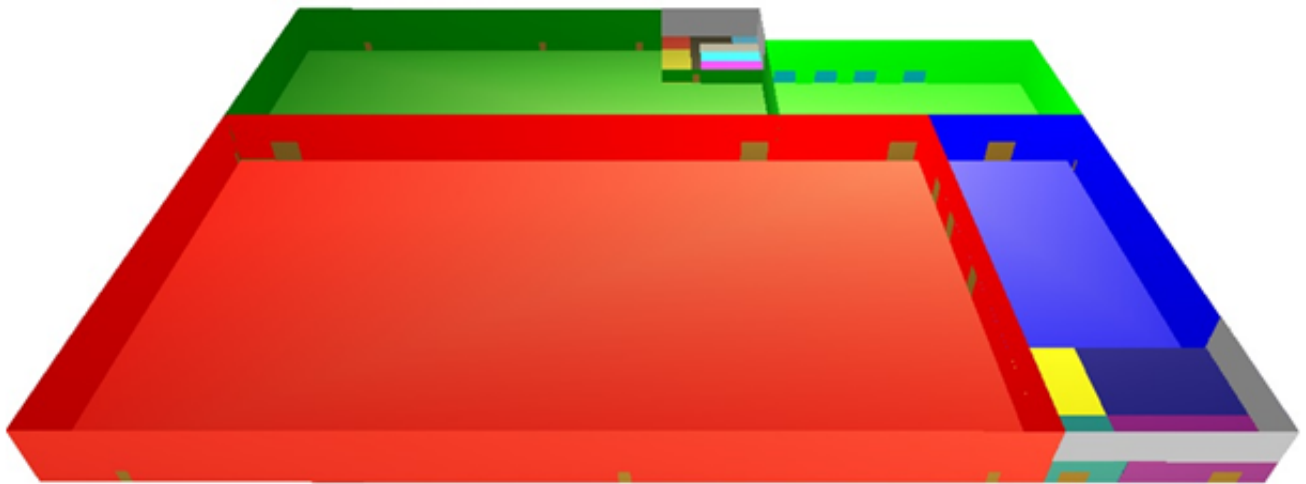
2.2.4.5 Construir y orientar el edificio

El programa permite de diseñar cada piso en 2D y paso a paso subir hasta tener el edificio entero. Encima tiene una vista en 3D quien se actualiza así permite ver si no nos equivocamos en la construcción. Algo muy importante es de entrar la posición del edificio con respeto al origen de cálculo del programa. En efecto, la orientación del edificio desempeña un papel esencial y aun más cuando el edificio tiene muchas superficies acristaladas.

2.2.4.6 Afectar las zonas térmicas a las dependencias

Una vez el edificio construido planta por planta podemos ya afectar las zonas térmicas planta por planta. Una zona térmica puede corresponder con una dependencia sola como un conjunto de varias. En general se suele agrupar las zonas homogéneas, según su ubicación en el edificio y sus usos.

Una vez todas las zonas atribuidas se puede visualizar en 3D el edificio acabado, se ponen colores distintas para distinguir cada zona térmica.



Una vez, la geometría y las propiedades físicas definidas transfiramos todo al motor de cálculo que nos permite entrar los datos específicos de funcionamiento del edificio.

2.2.5 Escenarios de funcionamiento : modulo de simulación PLEIADES

Es posible generar escenarios diarios hora por hora, luego semanal y también anual. Los tipos de escenarios que existen son los siguientes

- Escenarios de ventilación
- Escenarios de ocupación
- Los aportes de calor interiores
- Consignas de termostato

2.2.5.1 Escenarios de ventilación :

El control de la ventilación es obligatorio y inspeccionado. En Francia el código del trabajo impone unos valores mínimos para la ventilación de edificios de varios tipos (viviendas, oficinas, comedores, talleres...etc.)

Aporte de aire nuevo: oficinas, comedor y área industrial

Las normas francesas imponen para la impulsión de aire nuevo:

Aporte de aire nuevo		
Local	Mínimo	máximo
Living, Comedor	75 m ³ /h	150 m ³ /h
Oficina	25 m ³ /h.pers	72 m ³ /h
Vestuarios, aseos	3,6 m ³ /h.m ²	

Para las áreas industriales sin actividad peligrosa por la salud (química, soldadura, etc...), la norma impuesta por el código de trabajo nos indica un mínimo de 60m³/h.persona de renovación de aire.

El programa solo toma en cuenta los aportes de aire nuevo a la temperatura exterior, entonces las extracciones de aire hacia afuera no cuentan. Los aportes pueden ser forzados o bien no controlados, es el caso de las infiltraciones.

Caudal de aire de infiltraciones a través del Volumen: calculo según la norma EN 12831

El caudal de infiltración, $V_{inf,i}$, para la zona calentada (i), inducido por el viento y el tiro térmico del envoltorio del edificio se puede calcular según la fórmula siguiente:

$$V_{inf,i} = 2 \times V_i \times n_{50} \times e_i \times \epsilon_i$$

- n_{50} es la tasa de renovación por hora de aire [h^{-1}], que resulta de una diferencia de presión de 50 Pa entre el interior y el exterior del edificio, eso incluye también los efectos de entrada de aire.
- e_i es el coeficiente de exposición al viento del edificio
- ϵ_i es el factor correctivo de la altura, tomando en cuenta el aumento de velocidad del viento con la altura de la zona considerado encima del nivel del suelo.
- Un factor 2 esta introducido en la ecuación porque la valor de n_{50} esta dada para el edificio entero. El cálculo tiene que considerar el caso más desfavorable, en el cual todo el aire de la infiltración entra en una sola cara del edificio.

n_{50}	1,46	Considerando un edificio de 3 niveles de altura y de alta calidad de las juntas
e	0,02	Considerando un edificio con exposición moderada al viento con pocos obstáculos alrededor
ϵ	1	La zona considerada para los infiltraciones está entre 0-10m encima del suelo

2.2.5.2 Escenarios de ocupación :

Los aportes de las personas representan en media 70W/persona de aporte de potencia sensible, y 55W/ persona de aporte de potencia latente.

En efecto, estos parámetros aumentan en función del número de personas ocupando la zona. En nuestro caso visto el tamaño de los volúmenes que tenemos el número de personas no influirá mucho en los aportes interiores de calor sensible / latente. Los lugares donde puede tener más influencia son los vestuarios, las oficinas y el comedor.

La bodega esta operativa 8h por día, 5 días por semana he tenido en cuenta las pausas del personal, las horas de carga y descarga.

2.2.5.3 Escenarios de aportes internos (ver anexos)

Aportes de luz

El edificio está diseñado para aprovechar de la luz de día cuando es posible, en las zonas de mayor tamaño la luz natural viene por tragaluces de policarbonato de $2,5 \times 1,5\text{m}$.

Además de la luz natural viene luz artificial. Se tiene que cumplir la norma **NF EN 12464-1**. Las potencias disipadas en nuestro caso corresponden con equipos actuales que se suelen instalar, y que tienen una eficiencia media. Aquí en la tabla de abajo se presentan los valores mínimos de iluminación correspondientes con nuestro caso de estudio:

Correspondencia Norma	Nivel de Iluminación mini (Lx)
Almacén	150
zona de manutención y embalaje	300
Zona de trabajo manual	300
oficinas	500
Vestuarios, aseos, baños	200
Comedor	300
Circulación	100

Aportes de calor por aparatos eléctricos

Los aparatos electrónicos también emiten calor que sea él durante el día laboral, de noche o 24h/24h. Estos aportes internos vienen de los ordenadores, de los servidores, del transformador de tensión, de los cargadores de baterías, de los motores eléctricos. Para evaluar cada uno de estos aportes, hice un inventario de las potencias emitidas correspondientes con cada periodo del día laboral y de la noche. En los anexos se puede ver el detalle de las potencias puestas en juego repartidas según los periodos de la semana.

2.2.5.4 Consignas de termostato

Las consignas de termostato sirven para enseñar los perfiles de temperatura en cada zona térmica del edificio. El programa nos permite utilizar 2 tipos de configuración para enseñar las consignas de termostato durante todo el año.

La primera configuración está dada por semana. Se pueden enseñar las temperaturas para cada hora de la semana (del lunes a las 00h00 al domingo a las 23h00). La variación mínima posible de temperatura es de 1°C/h así que podemos construir escenarios de acuerdos con las técnicas de regulación de temperatura usuales.

La segunda configuración es una configuración anual, se tiene que haber realizado primero los escenarios por semana que queremos emplear y luego se pueden rellenar cada una de las 52 semanas con estos mismos escenarios.

Calefacción

Zonas 1, 2, 3, 4: Almacenes, Logística y empaquetado: Temperatura de 16°C constante

Apoyándome en el archivo meteorológico estatal decidió que la temporada de calefacción sería del 15 de octubre al 13 de mayo, o sea 30 semanas, o bien 211 días. La consigna será la misma para todas las horas del día o de la noche. (*ver el impreso pantalla en anexo*)

Zonas 9, 10, 11, 13: vestuarios, comedor, oficinas: consignas de termostato 21 °C / 15°C (ver tabla § 2.2.2)

La temporada de calefacción será la misma que para las zonas 1, 2, 3, y 4.

Necesitamos que estas dependencias sean a la temperatura adecuada desde las 8h de la mañana hasta las 17h de la tarde. Por eso, se tendrá que arrancar la calefacción antes y progresivamente subir la temperatura hasta tener la temperatura deseada en cada vivienda (21°C). Se pondrá una temperatura de seguridad de 15°C por la noche y durante los fines de semana para mantener estas zonas en temperatura y quitar el efecto de paredes frías por la mañana que es incomodo para los empleados.

**Zonas 5, 12, y 14: Sprinkler, pasillo y local sin ocupación: Consignas de seguridad 5 y 15°C
(ver tabla §2.2.2)**

La temporada de calefacción será la misma que para la zonas 1, 2, 3, y 4. Enseñe las consignas de termostato de manera que el programa arranque la calefacción solo si hay necesidades durante esta temporada.

Climatización

Zonas 1, 2, 3, 4: Almacenes, Logística y empaquetado: Temperatura de 16°C constante

Como periodo de climatización se considerara la temporada del 14 de mayo al 14 de octubre, o sea 22 semanas, o bien 154 días. La consigna será la misma para cada hora del día o de la noche. (ver el impreso pantalla en anexo)

**Zonas 10, 11, 13, 15: vestuarios, comedor, oficinas, redes: consignas de termostato 25°C
(ver tabla § 2.2.2)**

La temporada de climatización será la misma que para las zonas 1, 2,3 y 4.

Para las zonas 10, 11,13 entre escenarios de temperatura que minimizan las llamadas de potencia cuando es posible. Por ejemplo en las oficinas, si en la mañana están por encima de los 25°C se arrancara el aire acondicionado progresivamente alcanzar los 25°C a las 8h. Si esta temperatura está superada durante los días laborales se aportara la potencia frigorífica directamente necesaria para conseguir la temperatura los 25°C.

Para la zona 15 (local de redes), entre una consigna constante de día y de noche durante toda la temporada de climatización. Es decir que el programa calcular la energía necesaria para que la temperatura dentro de este local no supere 25°C.

2.2.5.5 Datos climáticos

El último paso consiste en entrar los datos climáticos del lugar donde el edificio está ubicado. Los datos fueron sacados de los archivos de “Meteo France”, el centro meteorológico estatal Francés. Esta agencia realiza pruebas de temperatura en cada una de sus estaciones, y constituye archivos meteorológicos tipos teniendo en cuenta las tendencias de los años precedentes (de 1971 hasta 2000). Aquí abajo se encontraran los datos de la estación meteorológica más cercana del sitio de donde se ubica la bodega.

Lugar del estudio	BORDEAUX (Francia)
Zona climática considerada	H2c
Altitud	47m
Temperatura del suelo a -10m	15°C

Temperaturas media máximas al exterior (°C)

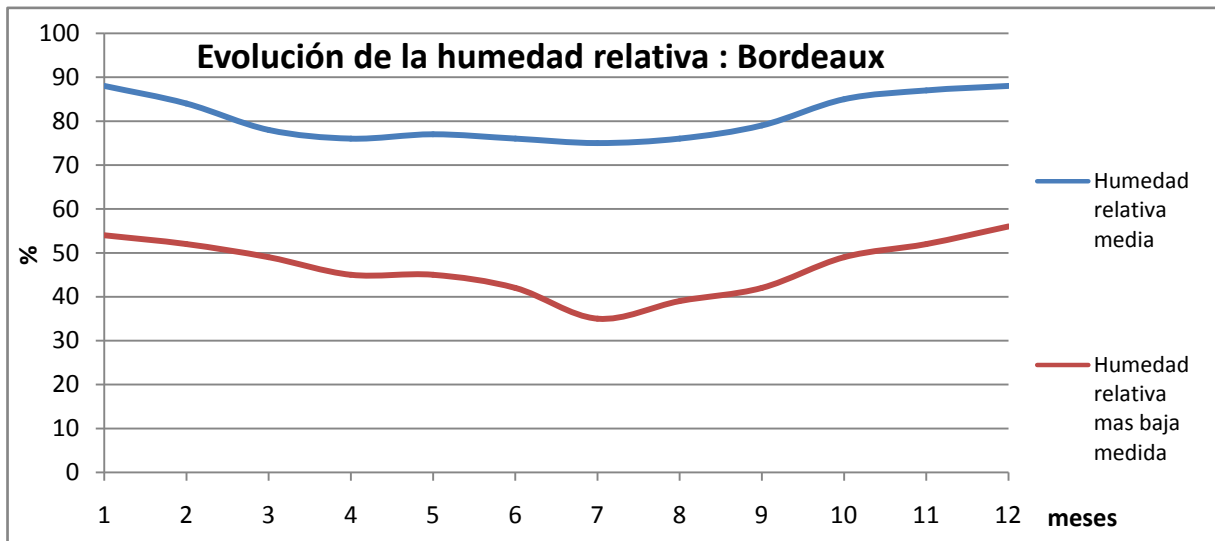
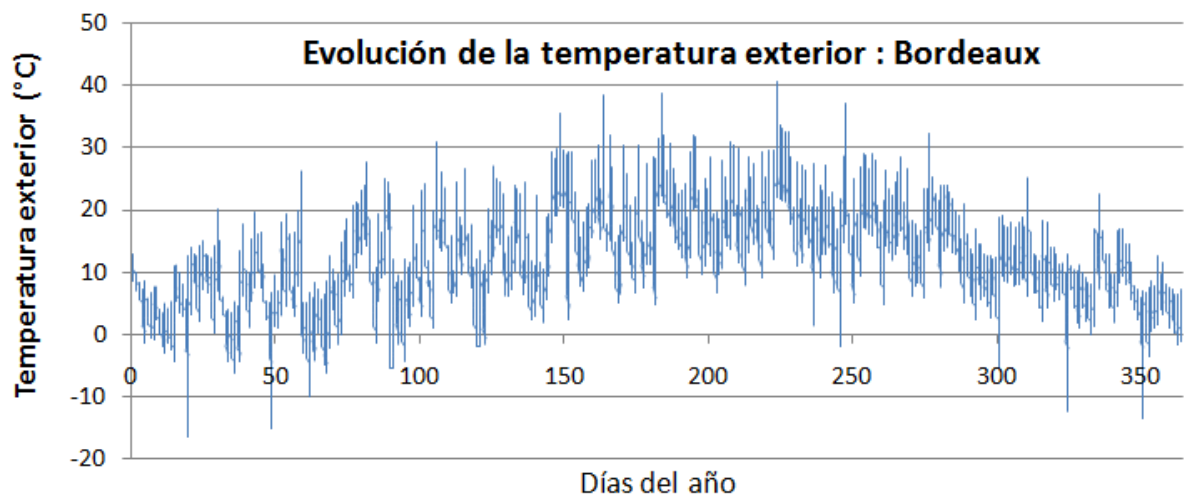
Enero	Febr	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic
10.0	11.7	14.5	16.5	20.5	23.5	26.4	26.6	23.7	18.8	13.4	10.7

Temperaturas medias al exterior (°C)

Enero	Febr	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic
6.4	7.5	9.6	11.6	15.4	18.3	20.8	20.9	18.1	14.1	9.4	7.2

Temperaturas media mínimas al exterior (°C)

Enero	Febr	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic
2.8	3.4	4.6	6.6	10.3	13.0	15.1	15.2	12.5	9.5	5.5	3.8

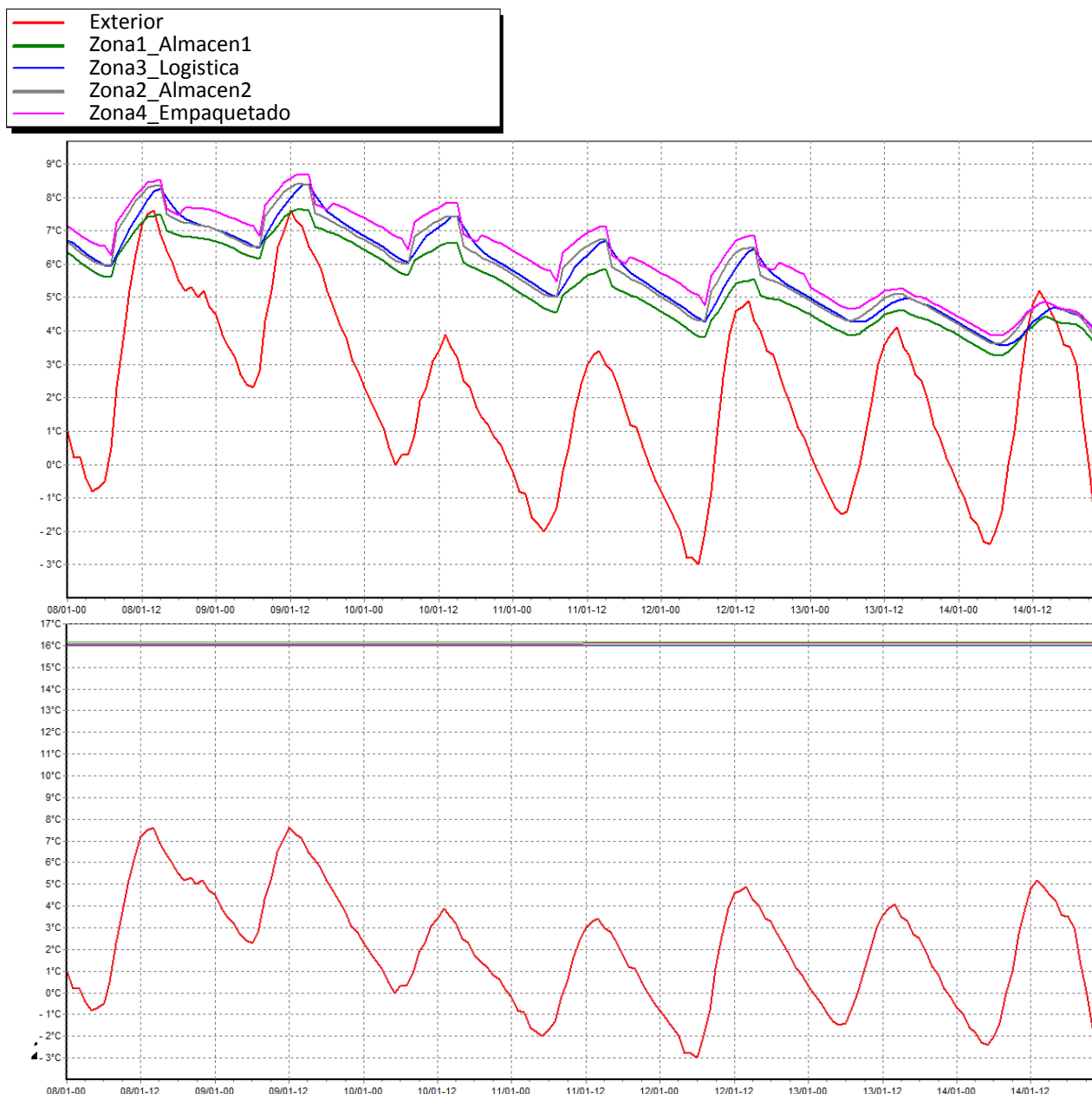


2.2.6 Resultados: curvas de temperatura interior

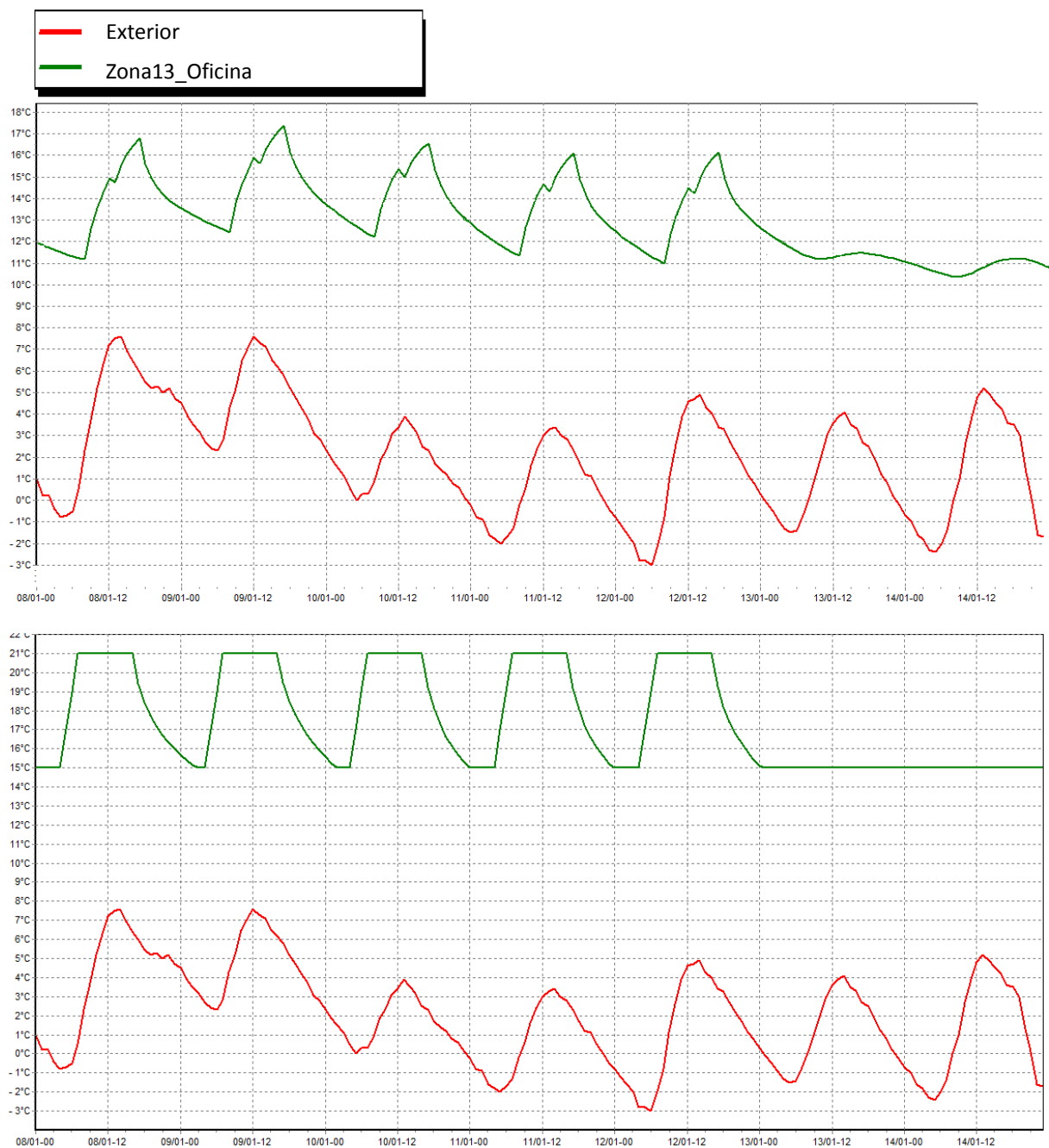
Todos los resultados presentados están realizados con y sin regulación de temperatura, se guardaron los escenarios aportes internos y las ganancias solares. Así se puede dar cuenta de cómo debería evaluar la temperatura en nuestro edificio sin ninguna regulación térmica y comprobar el funcionamiento de la regulación.

2.2.6.1 Calefacción durante la semana más fría : Zona Almacenes , Logística y empaquetado

En la imagen de abajo se describe la evolución de la temperatura en los almacenes, en la zona de logística y dentro de la zona de empaquetado. La primera curva muestra la deriva de temperatura sin regulación, y la segunda después de la regulación. Cuando las temperaturas exteriores cambian en 24h con una diferencia de hasta 8°C entre la noche y el día, dentro de los almacenes la temperatura se queda más alta y varía como máximo de 3°C entre el día y la noche. Se nota aun más este efecto durante el fin de semana porque no son días laborales entonces los aportes internos ya no entran en cuenta.

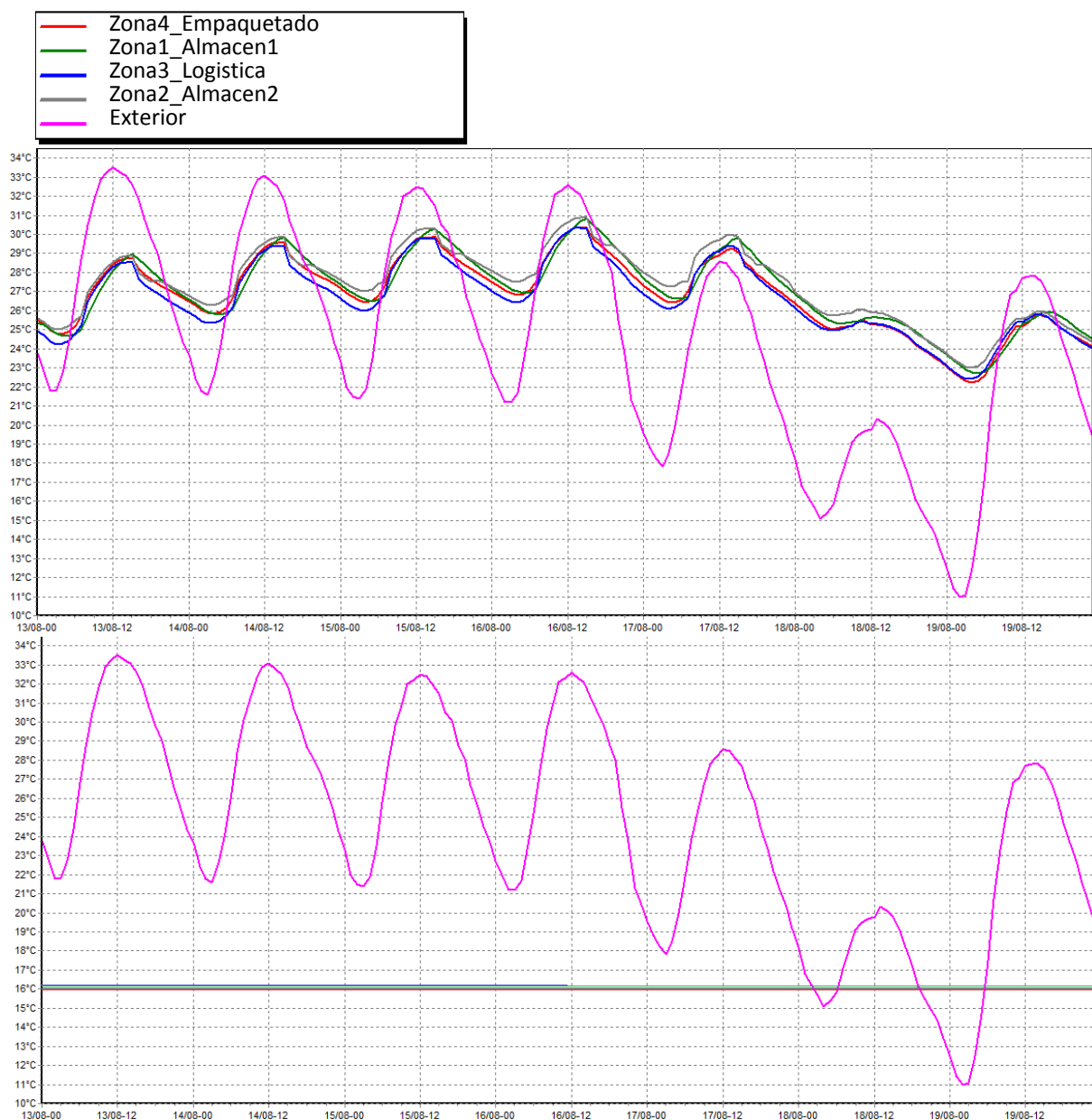


Estas dos curvas ilustran la evolución de la temperatura dentro de una oficina (zona 13). La primera serie de curva muestra la deriva de temperatura sin regulación, y la segunda con el escenario de regulación de temperatura de invierno. Se notan las subidas de temperatura debidas a los aportes internos cuando la oficina está ocupada y cuando no lo está (pausa a medio día y fin de semana). La regulación de temperatura es un cálculo teórico del programa, que aporta la potencia exacta para obtener la temperatura deseada. En realidad, los sistemas de regulación de temperatura usuales no pueden actuar tan precisamente sobre la temperatura interior así que oscilaría más la temperatura alrededor de la consigna.



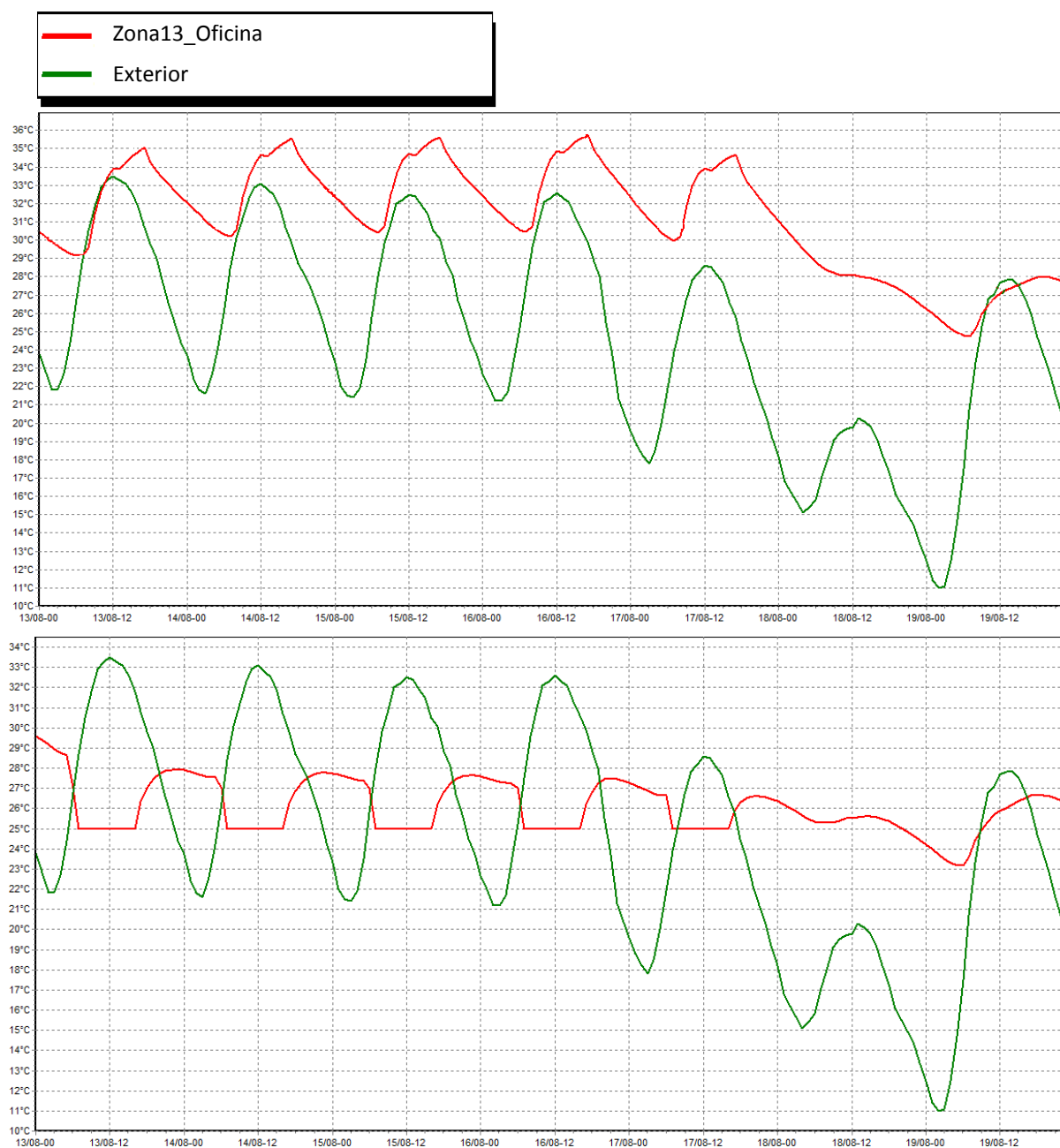
2.2.6.3 Refrigeración durante la semana más caliente: Zona Almacenes, Logística y empaquetado

En este caso podemos comprobar en las curvas de deriva de temperatura el efecto de cueva que suaviza la temperatura interior en verano. La temperatura exterior varía con una diferencia entre el día y la noche de 11°C y la temperatura interior con una diferencia de 4°C máximo. Esta misma se sitúa por debajo de la temperatura máxima exterior en media se queda bastante alta. La regulación térmica permitirá de bajar esta temperatura para respetar la consigna deseada, en este caso también la temperatura interior regulada tendría que oscilar alrededor de la consigna (el programa aporta la potencia exacta en cada momento para mantener la temperatura deseada en fase de regulación)



2.2.6.4 Refrigeración semana más caliente: Oficina zona 13

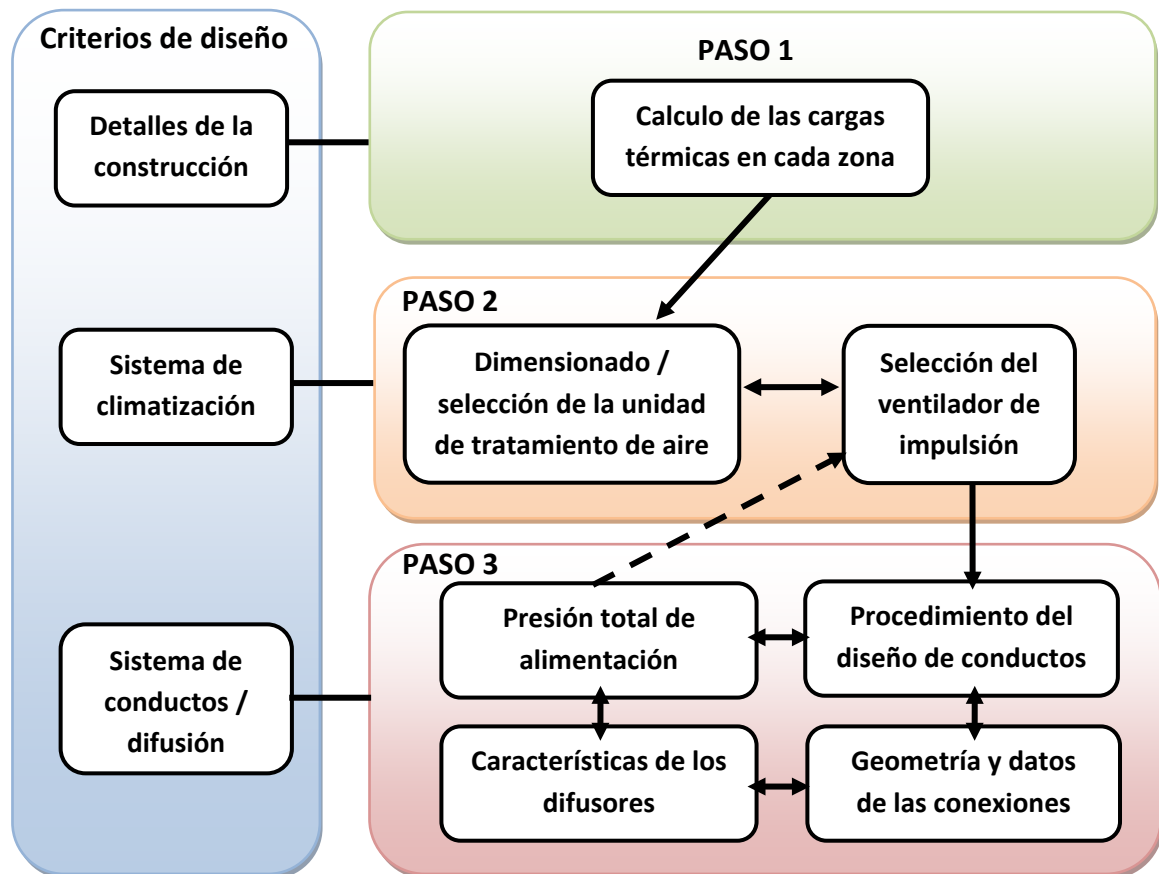
En este último caso comprobamos el funcionamiento de la refrigeración durante la semana más caliente del año. Como en invierno la curva de deriva de la temperatura interior depende de los aportes internos, y además las ganancias solares. Se notan bien los periodos de ocupación y de non ocupación de la oficina (pausa a medio día y sin ocupación los fines de semana). Se puede ver en los 2 últimos picos de temperatura el desfase de temperatura exterior / interior. Para mantener la temperatura a 25°C durante el día laboral el programa calcula las potencias frigoríficas necesarias en cada momento, luego por la noche la temperatura sube otra vez.



3 DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACION

3.1 Introducción

Para diseñar el sistema entero hay que proceder por varios pasos según los criterios de diseño correspondientes con cada parte del sistema. El diagrama abajo explica cómo se desarrollan las etapas de diseño.



Criterios de la construcción: Utilizaremos los datos de entrada del capítulo 2 y simularemos el comportamiento del edificio según las condiciones de dimensionado para la temporada de Invierno y de Verano. Eso no permite obtener las cargas térmicas en cada zona.

Criterios del sistema de tratamiento de climatización: En nuestro caso el tratamiento de aire será realizado por un sistema de tratamiento por convección AIRE / AIRE. Para seleccionar la maquina adecuada hay que tener en cuenta 2 características:

- La potencia térmica transmitida al aire permita de cumplir las condiciones de temperatura/humedad en cada zona, y eso para las condiciones de dimensionado en verano y en Invierno. (Potencia del circuito de intercambio de frio/calor)
- Las características del ventilador sean elegidas para proporcionar un caudal suficiente en cada zona, y alimentar toda la red de conductos hasta la difusión del aire. (Caudal volumétrico y Presión total disponible)

Criterios del sistema de conductos y difusión: Para diseñar la red de conductos en cada zona hay que seleccionar primero una maquina y su ventilador. Con las características de ese último vamos a poder dimensionar la red de conductos y deducir la presión total necesaria que corresponde con el tramo más alejado de la fuente. Es un proceso iterativo porque si el ventilador no proporciona la potencia suficiente, hay que cambiar la disposición de la red de conductos o cambiar de ventilador y empezar de nuevo los cálculos de pérdida de presión.

Estos pasos son genéricos y validos para cualquier tipo de local, en el caso del estudio me enfoqué sobre el dimensionado para los volúmenes mayores. Entonces a partir de ahora se tratara solo de los resultados para las zonas 1, 2, 3 y 4.

3.2 PASO 1: Calculo de cargas térmicas

3.2.1 Punto de partida y hipótesis

3.2.1.1 Condiciones exteriores

Para dimensionar las maquinas de acondicionamiento de aire, hace falta ponerse en las peores condiciones posibles. Por eso miré los archivos de temperatura de la base de datos estatal "Meteo France" y tomé la media ponderada de los picos de temperatura bajos y altos, y las humedades correspondientes. (Aparte de la temperatura de calefacción que impuesta por la norma de calculo TH-C-E 2008)

- En invierno: consideramos el día el más frio con el cielo nublado (factores de sol mínimo). La temperatura para el punto de diseño será de -5°C, y la humedad de 90 % HR.
- En verano: consideramos el día más caliente y un cielo descubierto (factores de sol máximo). La temperatura para el punto de diseño será de 35°C, y la humedad de 35% HR.

3.2.1.2 Acondicionamiento de aire durante las cargas / descargas

Durante los horarios de carga / descarga (2h horas en total por día) los camiones se posicionan en los andenes de embarque, dejan sus puertas abiertas y apagan su sistema de acondicionamiento de aire.

Según el periodo del año la masa de aire dentro de estos camiones se calentaría o se enfriaría, aportando energía al local de Logística o restándole en invierno. Entonces el sistema de climatización de la zona de logística tiene que aportar una cantidad de energía para que se mantenga la temperatura de consigna dentro de los camiones y que se igualan las condiciones internas tanto en el camión como en el local de Logística.

3.2.1.3 Simulación con el programa PLEIADES

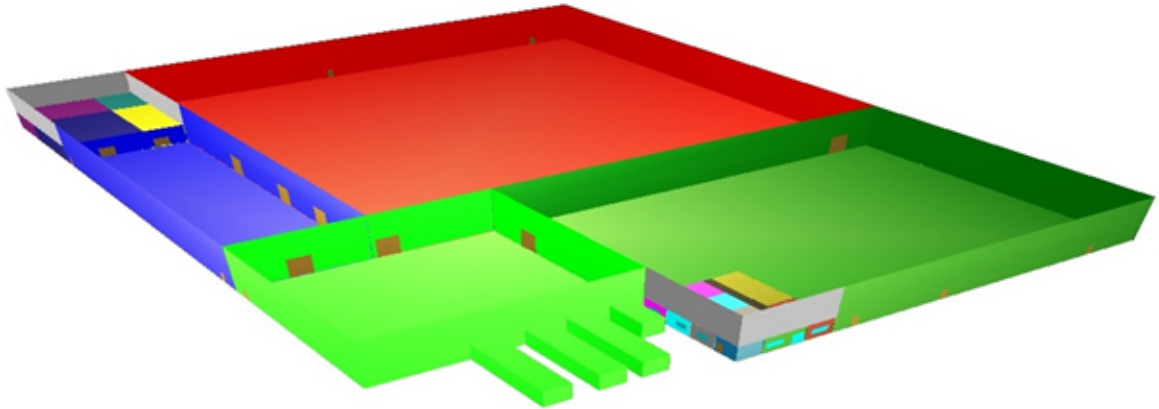
Es posible poner el programa en modo dimensionado, así se puede acceder al archivo meteorológico e imponer sus condiciones en verano y en invierno. Generé entonces un archivo de dimensionado para poder encontrar las necesidades de calefacción y refrigeración en estas condiciones.

Para encontrar las necesidades de frío / calor en la zona de Logística durante la cargas descargas, tuve que hacer un segundo modelo 3D con los remolques de los camiones en posición en sus andenes.

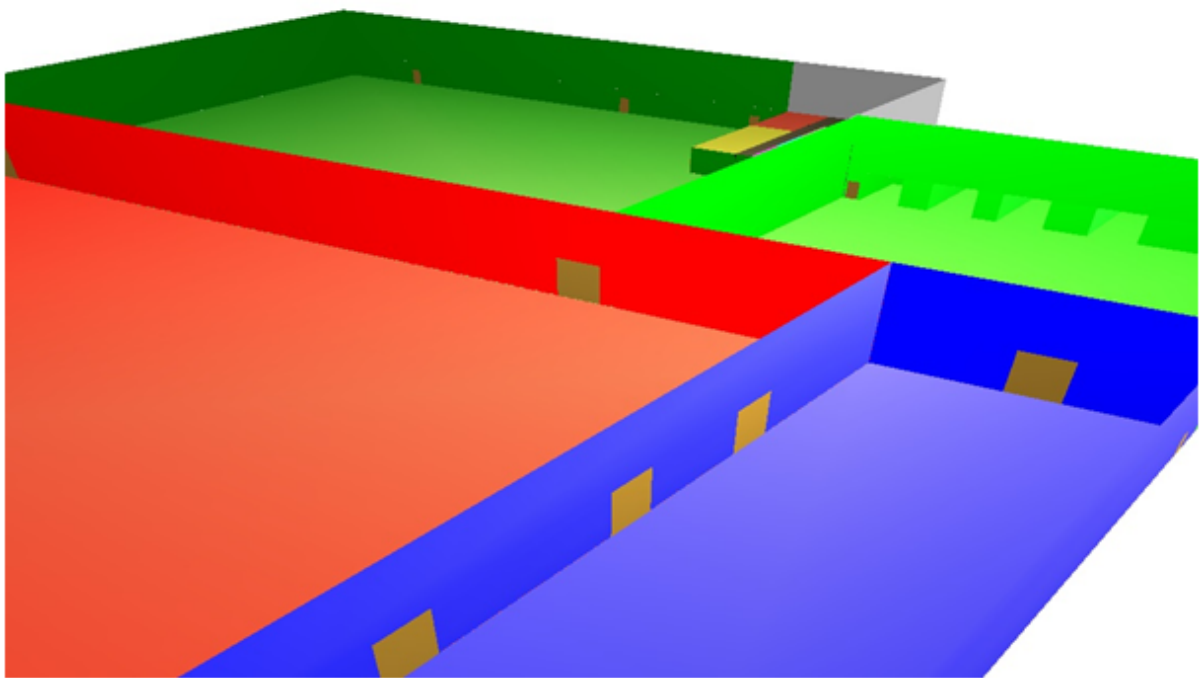
Para ponerse en el peor de los casos, consideré que todos los andenes estaban ocupados. Construí 4 zonas del tamaño de los remolques correspondientes con cada andén, es decir:

- 3 Semi remolques de dimensión interior $13,5 \times 3,08 \times 2,47$ m
- 1 camión de 40m^3 de dimensión interior del remolque de $5,94 \times 2,2 \times 2,99$ m

Los camiones están aislados con poliestireno extruido de espesor entre 5 y 10 cm, para mi caso empeoré las características considerando 5cm cm de aislante.



Vista de arriba del edificio modificado en PLEIADES



Vista de la Zona de logística con los volúmenes de los camiones

3.2.2 Resultados de la simulación

Con las modificaciones efectuadas en el apartado 3.1.1, utilizando el nuevo modelo grafico con los camiones, lancé de nuevo la simulación. Eso me permitió obtener las cargas térmicas de diseño en verano y en invierno. Los resultados son los siguientes:

	Zona	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)	Carga térmica Invierno (W)	Carga térmica Verano (W)
Almacén 1	1	2209,60	20480,48	-132158	165951
Almacén 2	2	4646,20	44138,90	-271650	342401
Logística (con camiones)	3	808,83	7683,89	-67398	80246
Empaquetado	4	735,2	6984,40	-60859	69757

Camiones	Camión 1	20	13,07	39,07	-614	798
	Camión 2	21	33,35	102,71	-1314	1801
	Camión 3	22	33,35	102,71	-1314	1798
	Camión 4	23	33,35	102,71	-1316	1808

ver los anexos para el detalle de los resultados

Una vez recogidos los datos de cargas térmicas ya tenemos todos los datos para poder calcular los últimos parámetros que nos van a permitir dimensionar los climatizadores.

3.3 PASO 2: Dimensionado y selección del sistema de tratamiento de aire

El paso de los cálculos de dimensionado consiste en aplicar un balance energético a la masa de aire húmeda dentro del local, y construir así el ciclo de calefacción y refrigeración de esta misma masa. Antes de eso explicaré en breve cómo funcionan las maquinas de intercambio AIRE / AIRE.

3.3.1 Funcionamiento de un sistema de acondicionamiento de aire.

Estos sistemas de tratamiento deben luchar contra las cargas térmicas del local.

- cargas térmicas : aportes o pérdidas de calor externas internas en kW
- cargas húmedas : aportes internos de humedad en kW

Además de estas dos cargas, el sistema debe de asegurar la calidad de aire.

- Se tiene que renovar el aire dentro del local con aporte de aire nuevo
- se tiene que filtrar el aire nuevo y el aire reciclado

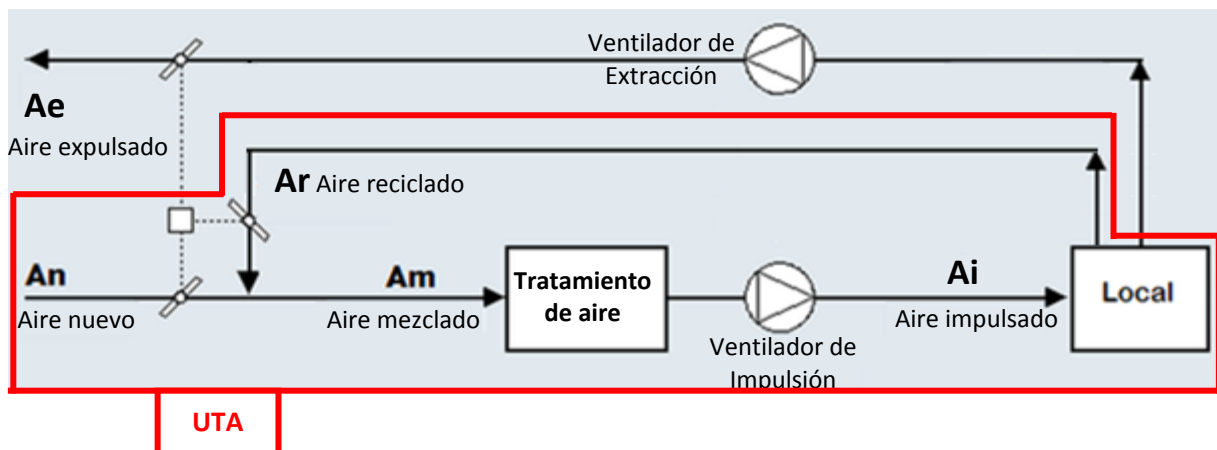
Existen varios tipos de sistemas que podemos clasificar entre tres categorías:

- **Los sistemas “todo aire” :**
 - Centralizados (una única caja para tratar todos los locales)
 - Descentralizados (un sistema para un volumen definido , nuestro caso para los volúmenes grandes con los RoofTop)
 - Multi-zonas (1 Unidad de tratamiento debe para distintos locales o conjuntos de dependencias)
- **Los sistemas de doble conductos (aire caliente / aire frio) con cámara de mezcla**
- **Los sistemas agua / aire : un ventiloconvector o una bomba de calor invertible en cada dependencia**

Existen también varias técnicas de renovación de aire nuevo:

- Primer caso: el aire nuevo con las condiciones exteriores está mezclado con el aire reciclado por el intermediario de una cámara de mezcla.
- Segundo caso: el aire nuevo está preparado en una unidad dedicada aparte. (primero esta filtrado, y luego o sea impulsado en las condiciones de temperatura y humedad exigidas dentro del local, o sea impulsado en las condiciones exteriores.

En nuestro caso tenemos un sistema de intercambio “todo aire” con una cámara de mezcla. En esquema siguiente, se muestra el principio de funcionamiento de esta tecnología, explicando cada parte del sistema para ver como se trata el aire.



La caja de tratamiento de aire es una parte clave del sistema de acondicionamiento de aire. Realizara las funciones principales, es decir:

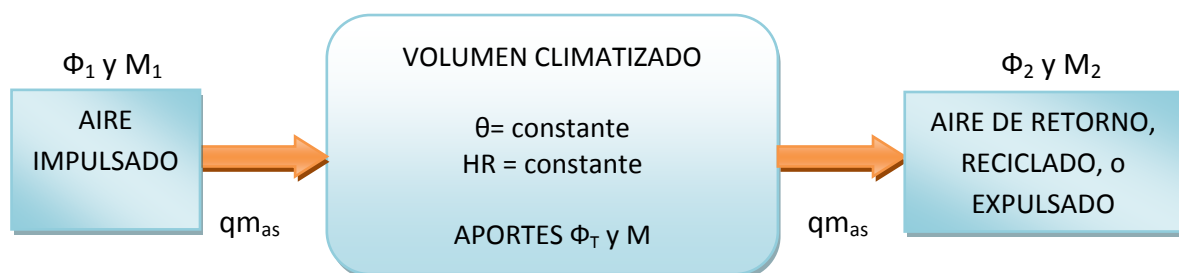
- Los ajustes de temperatura y humedad
- La filtración del aire

Ahora que hemos definido como circula este aire a través el sistema, y vamos a interesarnos más precisamente al local y a su balance energético.

3.3.2 Balance energético: modelo y ecuaciones

Para realizar un balance energético de un local donde la temperatura seca y la humedad son constantes (local en equilibrio), haremos estas dos hipótesis:

- Por una parte, la potencia aportada a este local (por el aire impulsión, y los aportes interiores) es igual a la potencia cedida (aire de retorno, aire expulsado o aire reciclado). *Ver esquema más arriba.*
- Por otra parte, que la humedad llevada al local por el aire impulsado además de los aportes interiores de humedad sean igual a la humedad perdida en forma de condensación o extracción de aire húmedo (aire de retorno, aire reciclado o aire expulsado). *Ver esquema más arriba.*



3.3.2.1 Balance de entalpia $\Phi_T = \Phi_{sensible} + \Phi_{latente}$

Tomamos la hipótesis que:

- El caudal másico de aire impulsión esta igual al caudal másico de aire reciclado o de retorno.
- Las potencias sensibles y caudales de agua **aportados** al local serán de **signo positivo**
- Las potencias y caudales de agua saliendo del volumen serán de **signo negativo**

El balance de entalpia se escribe entonces: $\Phi_1 + \Phi_T = \Phi_2$

La potencia traída al volumen por el aire se escribe: $\Phi_1 = q_{mas} \cdot h_1$

La potencia extraída del local por el aire reciclado o extraído se traduce por: $\Phi_2 = q_{mas} \cdot h_2$

Con las ecuaciones precedentes podemos escribir que: $q_{mas} = \Phi_T / (h_2 - h_1)$

3.3.2.2 Balance sensible: (calor sensible)

De la misma manera, podemos escribir que $\Phi_{S1} + \Phi_S = \Phi_{S2}$

La potencia traída al volumen por el aire impulsión se traduce por: $\Phi_{S1} = q_{mas} \cdot C_{p1} \cdot \theta_1$

La potencia llevada al local por las cargas sensibles es: Φ_S

La potencia llevada al local mediante el aire reciclado o extraído se escribe: $\Phi_{S2} = q_{mas} \cdot C_{p2} \cdot \theta_2$

3.3.2.3 Balance de humedad

Para la humedad tenemos la conservación de los caudales másicos de agua: $M_1 + M = M_2$

El caudal másico de agua debido al aire impulsado se traduce por: $M_1 = q_{m_{as}} \cdot w_1$

Con w_1 la fracción de la masa de agua por la masa del aire seco.

El caudal que agua que sale del local viene por esta fórmula: $M_2 = q_{m_{as}} \cdot w_2$

Al final obtenemos: $q_{m_{as}} = M / (w_2 - w_1)$

3.3.2.4 Relación característica γ

Las ecuaciones dadas más arriba nos dan una última: $\gamma = \Phi_T / M = (h_2 - h_1) / (w_2 - w_1)$
en [kJ/ kg_{agua}]

Todas las ecuaciones de los balances enunciados más arriba nos van a indicar las coordenadas de los puntos de impulsión en el diagrama psicrométrico.

3.3.2.5 Método de cálculo de las condiciones de impulsión: índice “L” para “Local” y “S” para impulsión

Encontrar las condiciones de impulsión del aire dentro del volumen estudiado significa encontrar:

- El caudal másico de aire seco impulsión $q_{m_{as}}$ en $[kg_{as}/s]$
- El numero de renovación de aire τ en $[vol.h^{-1}]$
- La diferencia de temperatura $\Delta\theta$ entre la temperatura del aire impulsión y del local
 $\Delta\theta = \theta_L - \theta_i$ en $[K]$ o $[^{\circ}C]$
- Las coordenadas del punto de impulsión (2 parámetros son suficientes para posicionar el punto sobre el diagrama : entalpia h_s temperatura seca θ_i la humedad especifica w_i)

Las condiciones de soplado permitirán de dimensionar los elementos de la instalación.

Planteo todas las ecuaciones que me son útiles para dimensionar el sistema en cada local. Y a continuación explico en un diagrama el orden de pasos de cálculo y de elección de parámetros. Las entalpias h se calcularán según la fórmula de PORCHER, y las humedades especificas w se encontraran utilizando el diagrama psicrométrico.

$$1: M = \frac{\Phi_{Latente}}{2500,64 - 2,35 \cdot \theta_L}$$

$$2: \Phi_T = \Phi_{sensible} + \Phi_{latente}$$

$$3: \Phi_T = q_{m_{as}} \cdot (h_L - h_s)$$

$$4: M = q_{m_{as}} \cdot (w_L - w_s)$$

$$5: h_L = \theta_L + w_L \cdot (2490 + 1,96 \cdot \theta_L)$$

$$6: h_s = \theta_i + w_s \cdot (2490 + 1,96 \cdot \theta_i)$$

$$7: w_s = \frac{\gamma \cdot w_L - h_L + \theta_s}{\gamma - 2490 - 1,96 \cdot \theta_s} \text{ con } \gamma = \frac{\Phi_T}{M}$$

3.3.2.6 Organización de los cálculos con el programa DIMCLIM

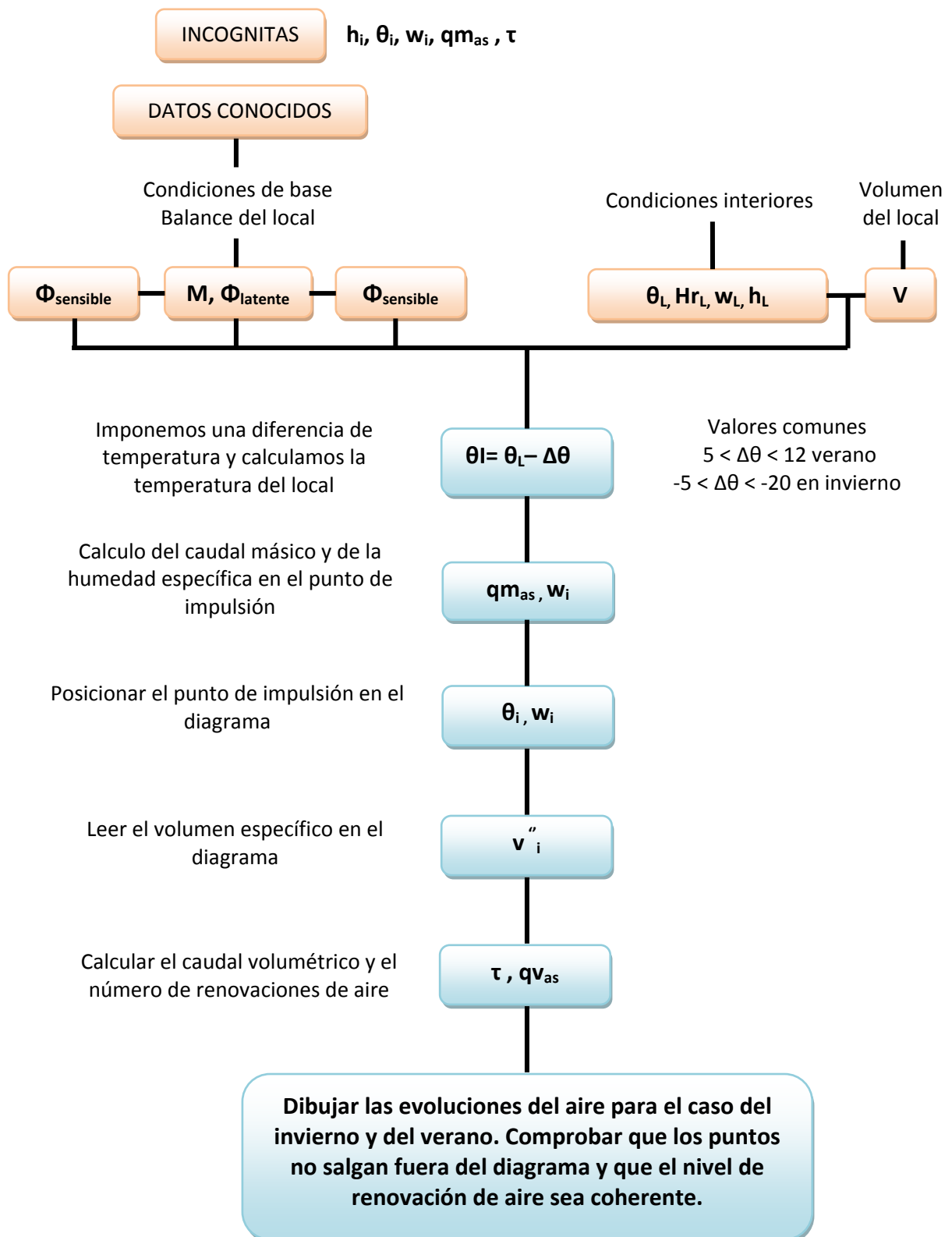
Utilicé un programa llamado DIMCLIM, es un programa Francés utilizado en las universidades de ingeniería de climatización y utilizado por las industrias. Este programa aplica el método de balance explicado en los apartados más arriba y tiene una interfaz grafica para la entrada de datos. Está basado en diagrama psicrométrico del aire y en función de los datos entrados, posiciona cada punto del ciclo del aire. En la imagen abajo mostro la ventana de entrada de las condiciones de impulsión del aire en el local.

Impreso pantalla para la entrada de datos del ciclo de aire de los locales

Para poder empezar los cálculos tenemos que fijar uno de los parámetros enunciados en el apartado 3.2.2.5. Basándome en el manual de la asociación Americana de calefacción, refrigeración, y Ingenieros de acondicionamiento de aire ASHRAE. El ASHRAE handbook da los valores para utilizar en oficinas técnicas. Para edificios incluidos entre 8 y 4m de altura se tiene que respetar los valores mínimos dados en la tabla de abajo:

	$\Delta\theta \mid \theta_{\text{LOCAL}} - \theta_{\text{IMPULSION}} \mid (^{\circ}\text{C})$	$\tau (q_{v_{as}} / \text{Vol Local})$
Invierno	≥ 8	$2 < \tau < 4$
Verano	≥ 5	$2 < \tau < 4$

En el organigrama de abajo muestro como se proceden las etapas de dimensionado utilizando el programa DIMCLIM.



En nuestro caso el sistema estudiado tiene dos periodos de funcionamiento: el invierno y el verano. Como tenemos cargas distintas en verano y en invierno, y también, distintos valores de $\Delta\theta$, obtenemos valores distintos del caudal volumétrico mínimo de impulsión.

Para tener mis resultados finales, primero tuve que ajustar los parámetros de $\Delta\theta$ de manera a respetar las condiciones indicadas por el ASHRAE handbook y también tener un rango operativo que corresponde con el de los ventiladores propuestos por el proveedor de los RoofTop. (Ver tablas de resultados en anexo).

Resulta que el caudal mínimo necesario en Invierno es más bajo que el necesario en verano. Para luego dimensionar el sistema de difusión del aire y la red de conductos, utilicé un único caudal como referencia. Entonces consideré para los apartados siguientes que el caudal de impulsión sería el calculado para el caso del verano.

3.3.3 Selección de las maquinas

En cada caso de diseño se tratara de hacer un compromiso entre los parámetros que podemos manejar y los requisitos que tenemos que cumplir. En este edificio no se tratara de un caso de acondicionamiento clásico, entonces estudié el compromiso que se puede hacer entre:

- Tener cuenta la tecnología de las maquinas
- Tener la reserva de potencia suficiente para asegurar la producción de calor / frio en condiciones criticas
- Cumplir el $\Delta\theta$ mínimo y el caudal mínimo requerido para cada zona.

3.3.3.1 Tecnología de la máquina de acondicionamiento de aire

Estas maquinas de marca francesa ETT, pueden funcionar según 3 modos:

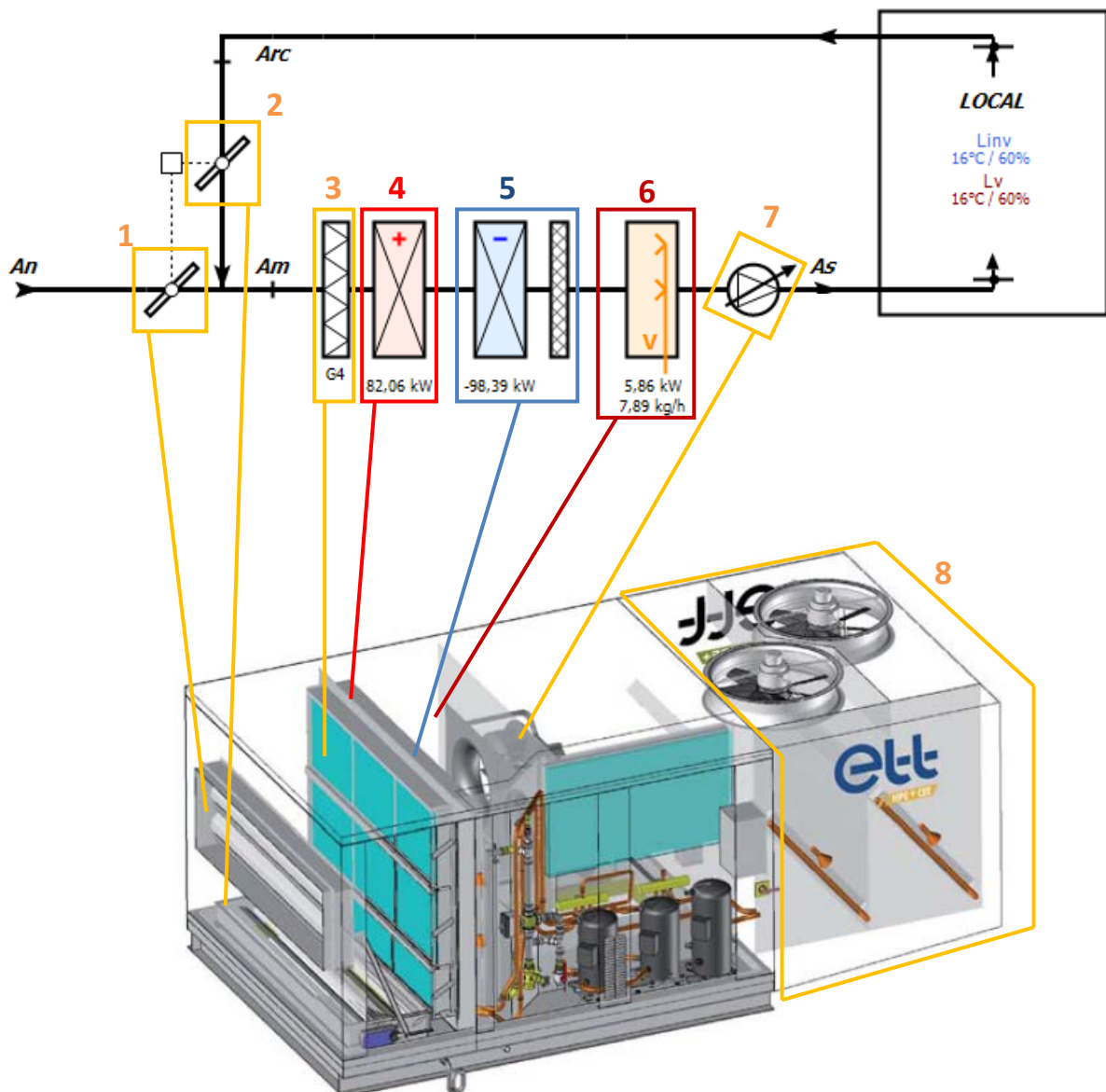
- Bomba de Calor (calefacción)
- Refrigeración
- Free Cooling: cuando el aire exterior se encuentra en las condiciones deseadas se impulsa directamente la mezcla sin enfriar/calentar, si a caso con ajuste de humedad.

Gracias a un conjunto de mariposas controladas por un sistema regulación electrónico, las maquinas tienen 3 modos de intercambio de AIR, pueden funcionar:

- En renovación completa de aire
- En renovación parcial , con mezcla de aire de retorno
- En circuito cerrado de recirculación de aire

En la imagen siguiente explico cómo funciona la maquina en Invierno y en verano, y mostro los componentes implicados en cada temporada.

- **En invierno:** se aspira la mezcla de aire nuevo y de aire reciclado del local (**punto Am**). Luego la mezcla pasa por la batería caliente **4**, y se calienta hasta tener la temperatura correcta. Mientras se calienta la mezcla de aire pierde en humedad relativa. La pasamos entonces en un humidificador **6** que procede al ajuste necesario antes de impulsar el aire en la red de difusión **7**.
- **En verano:** se aspira la mezcla de aire nuevo / reciclado (**punto Am**). En seguida pasa en la batería fría **5** que realiza dos funciones: bajar la humedad del aire (humedad absoluta) y enfriar este mismo. El aire por ser húmedo contiene una cierta cantidad de vapor de agua. Esta se va a condensar al entrar en contacto con la batería fría, entonces recuperamos esta agua con el recuperador de gotas **5**. Por fin impulsamos el aire enfriado en la red de difusión.



1	Mariposa para variar y ajustar el caudal de admisión de aire nuevo
2	Mariposa para variar y ajustar el caudal de aire reciclado
3	Filtro de tipo G4
4	Batería caliente (fluido R410A)
5	Batería fría con recuperador de gotas (fluido R410A)
6	Humificador por vapor de agua (eléctrico)
7	Ventiladores de impulsión (directamente acoplados a un motor con variador de velocidad electrónico)
8	Cámara de intercambio del fluido frigorífico con el exterior (Tiene ventiladores helicoides para mejorar el intercambio convectivo)

3.3.3.2 Resultados de la selección

En esta parte trabajé con un Ingeniero de la empresa ETT, una marca de UTA y aparatos de intercambio de calor quien fue elegido como proveedor para la obra.

Con el programa *DIMCLIM*, obtuve los resultados siguientes:

- Potencia de calefacción / refrigeración para cada local
- Caudal de aire impulsado para cada local

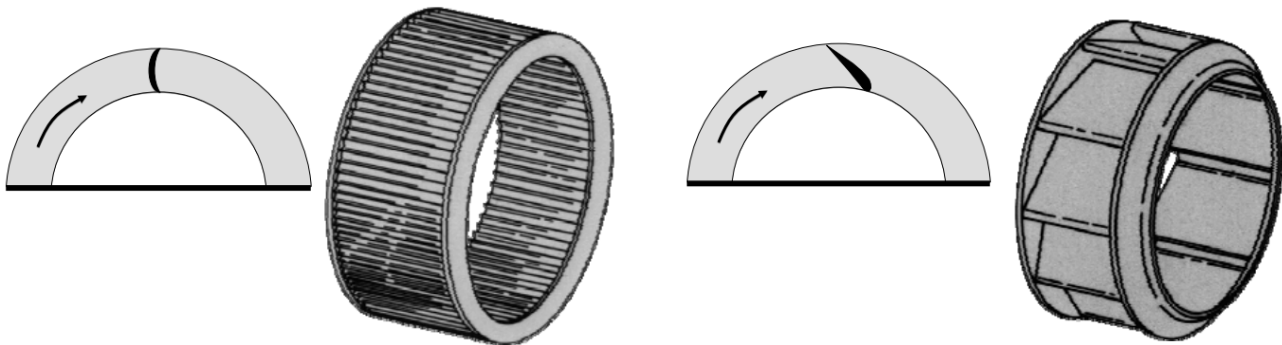
He dividido los caudales y las potencias de los locales entre varias maquinas, y así constituí una primera serie de selecciones teóricas. Pregunté al ingeniero de simular sus equipos con mis series de resultados. De esta manera tomé en cuenta las limites de las maquinas, y así, pude comprobar hasta que temperatura podíamos enfriar el aire para eliminar las combinaciones de maquinas que no cumplían las condiciones de $\Delta\theta$ e/o de caudal mínimo.

De allí obtuve la selección final de unidad de tratamiento de aire:

UTA Roof Top						
	Zona	Ref CTA	Num Unid	Qv nom, min, max (m ³ /h)	P _{frigo} max (kW) (35°C ext)	P _{calor} max (kW) (-7°C ext)
Almacen1	1	CH 99 ETT	3	21 000 17 000 22 000	103	70,5
Almacen2	2	CH 129 ETT	5	24 000 33 000 22 000	128,2	88,9
Logística	3	CH 129 ETT	1	24 000 33 000 22 000	128,2	88,9
Empaquetado	4	CH 129 ETT	1	24 000 33 000 22 000	128,2	88,9

3.3.4 Características del ventilador de impulso

Las maquinas del proveedor ETT están equipadas por ventiladores de impulsión llamados "Plug fan". En comparación con ventiladores de impulsión clásicos con las alabes orientadas hacia delante, estos ventiladores tienen alabes perfiladas orientadas hacia detrás. Esta configuración permite alcanzar rendimientos de 80-85% contra 50-65% con los ventiladores de impulsión clásicos. Además estos ventiladores necesitan menos mantenimiento y permiten reducir el nivel de sonido emitido.



Ventilador "clásico" con las alabes hacia delante

Ventilador más eficiente con las alabes hacia detrás

En esta parte no se tratara de dimensionar las características precisas del ventilador como la inclinación, la geometría o la disposición de los alabes. Utilicé las características estándares dadas por el proveedor de Unidad de Tratamiento de Aire. Elegí dentro de las características de ventiladores las que mejor convienen para cada unidad instalada.

3.3.4.1 Parámetros operativos

Para poder diseñar la red de conductos solo se necesita saber el caudal volumétrico de cada máquina, entonces para poder avanzar en el diseño general se puede considerar este único parámetro. Sin embargo, para seleccionar el ventilador necesitamos saber también la presión total disponible de este mismo. Este valor corresponde con la caída de presión máxima (estática + dinámica) del tramo más desfavorecido de la red de conductos.

El proveedor aconseja tomar una margen de 20 Pa para tener en cuenta el ensuciamiento de los conductos. Gracias a los cálculos realizados en el apartado 3.4, obtenemos las características resumidas en la tabla de la página siguiente.

Zona	Índice red	Ref CTA	Caudal (m ³ /h)	Presión disponible (Pa)
1	Red1	ETT CH 99	21 000	261
	Red2	ETT CH 99	21 000	304
	Red3	ETT CH 99	20 200	264
2	Red1/2/3/4/5	ETT CH 129	25 000	270
3	/	ETT CH 129	29 000	218
4	/	ETT CH 129	26 000	234

Los distintos ventiladores que el proveedor permite seleccionar un rango de presión total disponible entre 150 y 600 Pa.

3.3.4.2 Potencia consumida por los ventiladores de impulsión

En proveedor me dio una tabla para conocer la potencia consumida por los ventiladores de impulsión en función de los 2 parámetros dado en la tabla arriba:

- Caudal volumétrico
- Presión disponible

Según las series de maquinas, se equipan de un solo ventilador, o hasta 3 en paralelo para las unidades más potentes. En nuestro caso emplearemos maquinas con 2 ventiladores de tipo PLUG FAN EC K3G LP (baja presión).

En la tabla de abajo mostro los valores de potencia total de los motores de ventiladores de impulsión, y eso para cada unidad de tratamiento de aire (ver tabla en anexo)

Zona	Índice red	Ref CTA	Potencia consumida motores (kW)
1	Red1	ETT CH 99	4,9
	Red2	ETT CH 99	4,9
	Red3	ETT CH 99	4,6
2	Red1/2/3/4/5	ETT CH 129	5,8
3	/	ETT CH 129	5,9
4	/	ETT CH 129	5,2

3.4 PASO 3: Dimensionado y selección de la red conductos de impulsión y del sistema de difusión

En un local de mayor volumen, las condiciones de confort térmico están difíciles de alcanzar, debidos a problemas de estratificación del aire, velocidad del aire y ahorro de energía. De hecho, los sistemas de tratamiento de aire usuales, los conductos de perfiles rígidos y difusores de aire clásicos no son los más adaptados. Por eso hay que buscar unas tecnologías viables para este caso práctico de almacenaje de vino, la tecnología adaptada será la de los conductos textiles.

En general estos conductos textiles se utilizan en edificios de almacenaje, centros comerciales, aeropuertos, piscinas y centros acuáticos...etc.

El tratamiento del aire en refrigeración o en calefacción a través de conductos textiles permite de cumplir con mucha precisión los requisitos de confort y de consigna de temperatura. El valor añadido de un conducto consiste en su adaptabilidad con los modos de funcionamiento y de uso de los locales.

3.4.1 Dimensionado de la red conductos

Los conductos textiles permiten construir estructuras de tuberías bastante complejas para distribuir el aire de la manera más adecuada y más precisa posible. Para conocer los parámetros de uso de los conductos contacté con el proveedor, y me dio los valores limites para orientar mis cálculos.

3.4.1.1 Parámetros de funcionamiento

Para dimensionar la red, hay que tener en cuenta 2 parámetros que son la velocidad del flujo de aire, y el nivel de sonido producido al pasar en las tuberías.

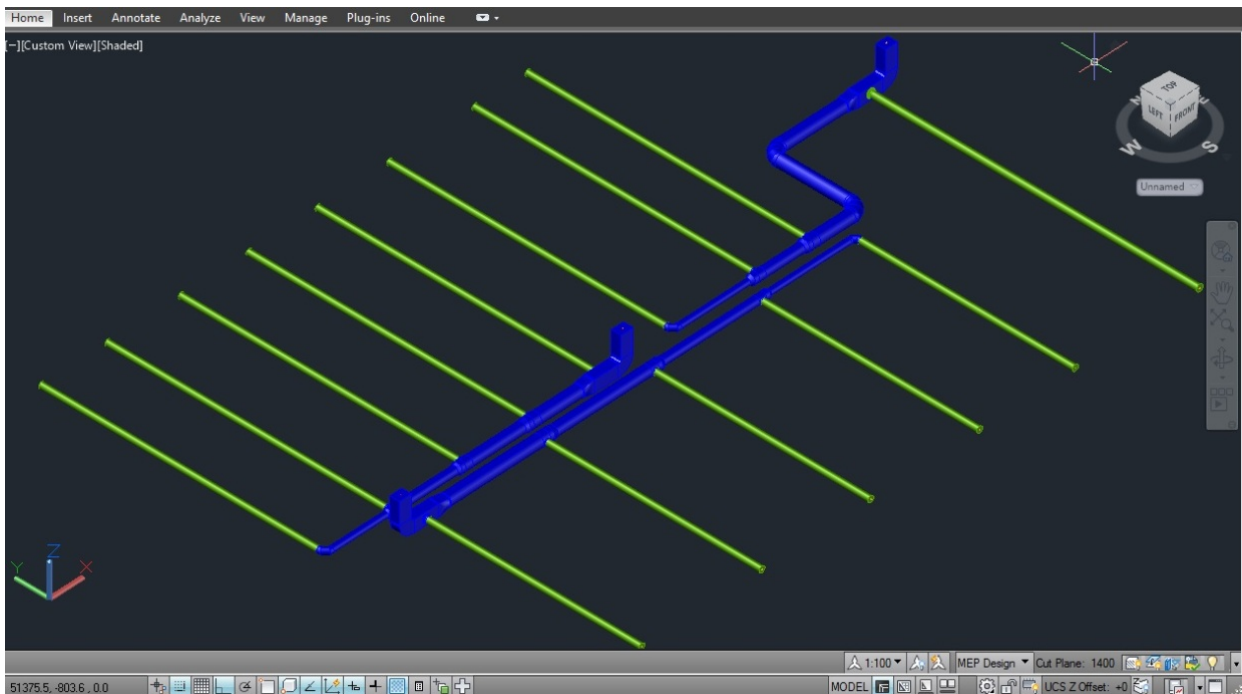
- 10 m/s máximo en las partes rectangulares de alimentación (valor dada por el ASHRAE para los conductos de acero utilizados para los usos industriales)
- Entre 5 y 8 m/s en las partes circulares en textil (valor dada por el proveedor de conductos textiles)
- El nivel de sonido emitido será inferior a 45 dbA

Dimensioné cada tramo eligiendo las dimensiones y las partes de manera a equilibrar la presión en la entrada de cada antenna de difusión. Pues me hice un programa Excel para calcular las caídas de presión en cada tramo de las redes. Tiene en cuenta 2 tipos de caída de presión:

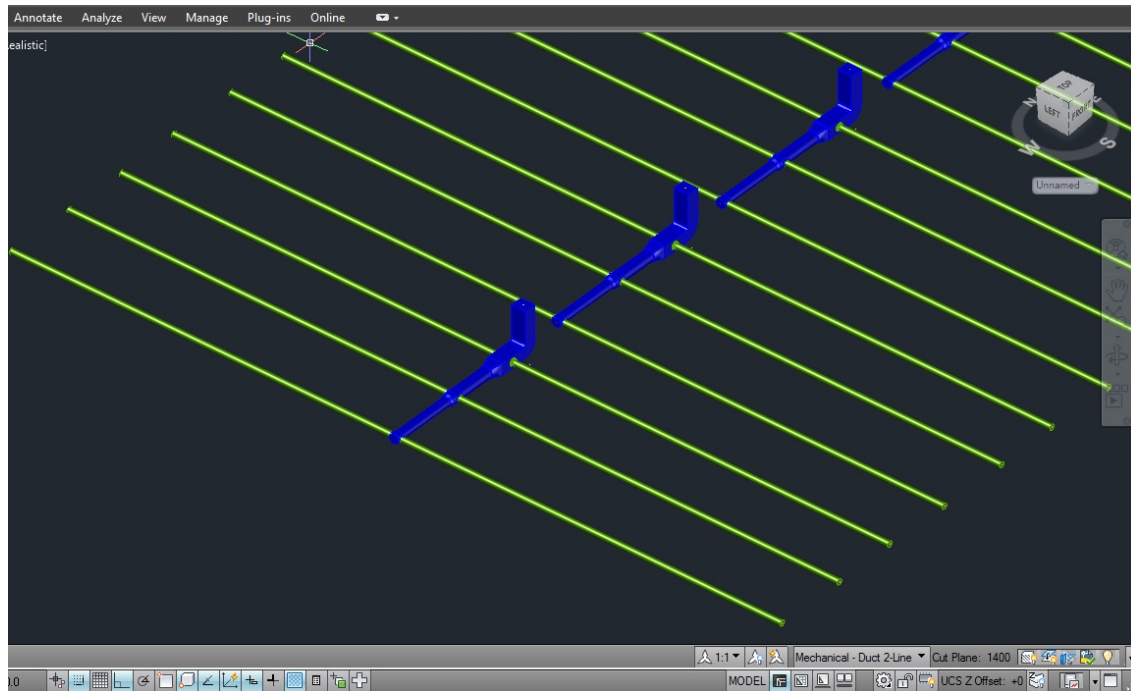
- Las perdidas regulares: perdidas por fricción donde coeficiente de fricción está calculado según el modelo de Colebrook
- Las perdidas singulares donde los coeficientes están dados por la base de datos "Ashrae duct fitting database". (ver ejemplo de informe de calculo en anexo)

3.4.1.2 Geometría de la distribución(ver los planos 2D en anexo)

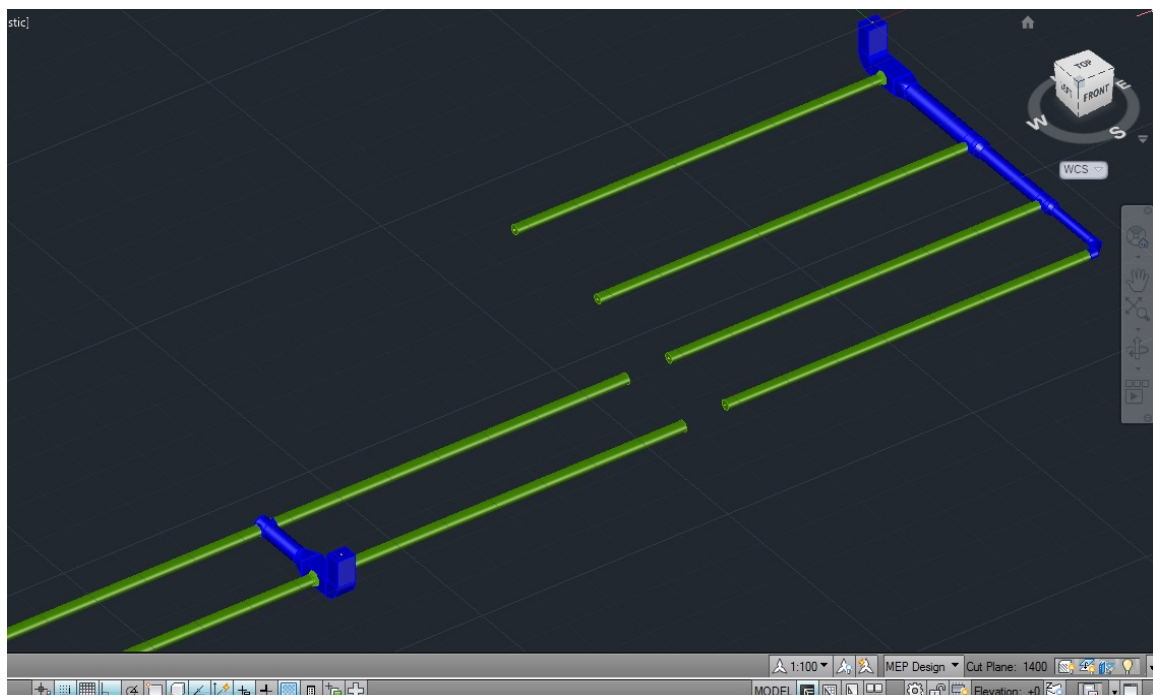
En cada zona la red de conductos esta dividida en 2 partes, un tramo principal (en azul) y los tramos secundarios (en verde). El tramo principal permite repartir el caudal total y distribuirlo en los tramos secundarios (las antenas de difusión). En las imágenes siguientes mostro los modelos 3D de las redes de impulsión de aire, realizados por AutoCAD MEP.



Modelo 3D de las 3 redes de impulso: Almacén 1



Modelo 3D de las 5 redes de impulso: Almacén 2



Modelo 3D de las redes de impulso: Logística y del empaquetado

3.4.1.3 Dimensiones, caudales y pérdidas de carga :

- **Zona 1**

En la zona 1 se instalara 3 redes de conductos de 25. La alimentación de los tramos principales será realizada por conductos rectangulares de dimensión 900×700mm. Luego en las partes circulares de los tramos, se reducirán los diámetros para adaptar la velocidad y las pérdidas de carga. Los diámetros variaran entre Ø900 hasta Ø450 al final de los tramos.

- **Zona 2**

En la zona 2 se instalaran 5 redes de conductos. La alimentación de los tramos principales será realizada por conductos rectangulares de dimensión 1100×900mm. Los diámetros de los tramos principales variaran entre Ø900 hasta Ø630 al final de los tramos.

- **Zona 3 y 4**

En las zonas 3 y 4 se instalaran 1 red en cada zona. La alimentación de los tramos principales será realizada por conductos rectangulares de dimensión 1100×900mm. Para la zona 3 los diámetros de las partes circulares principales variaran entre Ø1000 hasta Ø560, y para la zona 4, el único tramo circular principal tendrá un diámetro de Ø900.

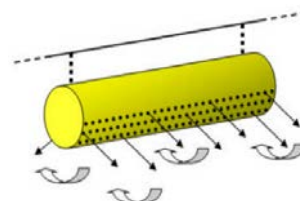
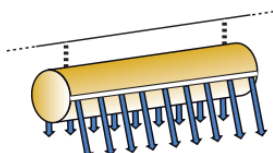
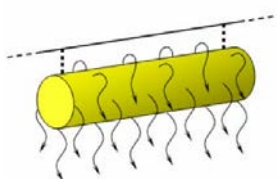
Abajo mostro la tabla de resumen de los caudales y de las pérdidas de presión total entre la salida del ventilador y las entradas de las antenas de difusión. Estos resultados servirán luego para la verificación de la potencia del ventilador de impulsión. (para mas detalles ver los cálculos en anexo)

Zona	Numero de red	Caudal por red (m ³ /h)	Caída de presión total máx. (Pa)
1	3	21 000/20200	red 1/2/3 -166/182/174
2	5	25 000	Red 1/2/3/4/5 - 162
3	1	29 000	138
4	1	26 000	141

3.4.2 *Principio de difusión por conducto textil*

3.4.2.1 Las 3 principales técnicas de difusión por conducto textil

- La primera es una difusión por un conducto de tejido poroso
- La segunda es una difusión por ranuras
- La tercera es una técnica por agujeros



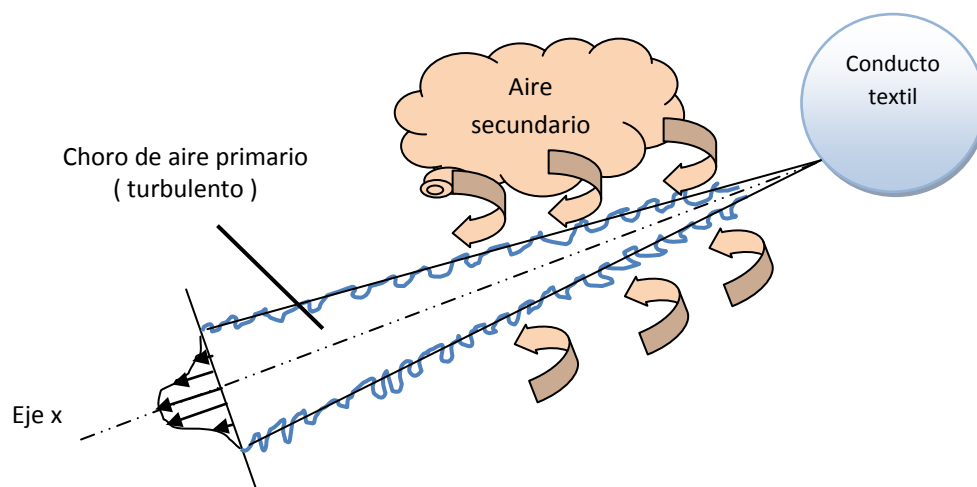
La primera técnica está reservada para los edificios de media/baja altura ($< 5\text{m}$), la aplicación típica de este tipo de difusión es el acondicionamiento de aire en los laboratorios y salas blancas. La ventaja que tiene esta técnica, es que puede emplear caudales muy importantes para tener un número de renovaciones alto en el local (necesario para los locales con niveles de calidad de aire tipo ISO 5 hasta ISO 8).

La segunda técnica está reservada para la refrigeración en edificios de menos de 5m de altura o la calefacción para edificios hasta 8m. No está adaptado para un uso en modo reversible (calor y frío). Se trata de impulsar un flujo de aire plano con alta velocidad (entre 7 y 14 m/s).

La última tecnología fue la que he seleccionado con el proveedor ATC (Aero Textil Concept). Esta adaptada para edificios de mayor altura, y conviene para usos en modo reversible.

3.4.2.2 Principio de difusión por agujero

Está basado el principio de la inducción del aire. Cada agujero impulsa un choro cónico de aire primario con una velocidad inicial. La turbulencia de cada choro permite llevar el aire alrededor y de mezclarlo con el choro (ver esquema siguiente). La distancia de eficiencia de este choro depende la velocidad inicial de impulso, y cuanto más nos alejamos en el eje del choro menos velocidad media tenemos.



3.4.3 Especificación de los conductos textiles (tramos circulares y antenas de difusión)

3.4.3.1 Selección del tejido

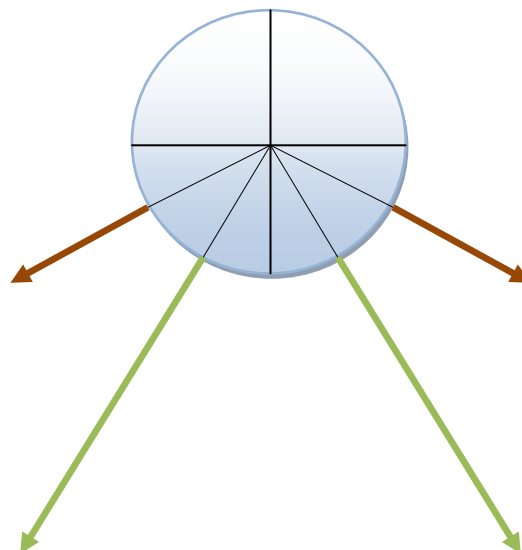
El tejido seleccionado es un polyester n°025420 que tendrá las características siguientes:

- Peso : 271g/m²
- Espesor: 0,45 mm
- Porosidad de 20m³/h/m² sobre 120 Pa de presión estática
- Resistencia al fuego M1
- Temperatura operativa +60°C / -45°C
- Color estándar : Blanco

3.4.3.2 Selección del tipo de agujeros

- **Estanterías de almacenaje (Zona 2 y 1): (ver curvas en anexo)**

En estas zonas tenemos estanterías de 7,5m de altura. Se ubicara una antena de difusión en cada pasillo. Para cada antena los agujeros estarán repartidos entre 2 filas de cada parte del conducto. Tendremos, las primeras filas (en verde) orientadas a 5h y 7h. Esta primera línea de agujeros permitirá la climatización de la parte baja de las estanterías. Se tendrá una segunda fila de agujeros (en marrón) posicionada a 4h y 8h para climatizar la parte alta de cada estantería.

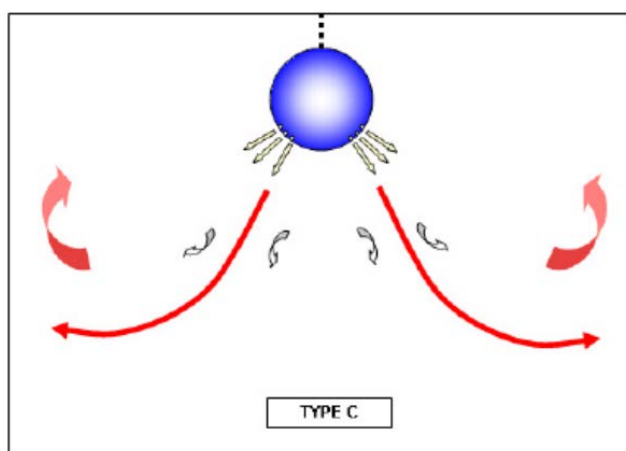


En la zona 2, para la disposición 5h/7h, se tendrán 12 agujeros Ø12mm por metro de conducto de cada lado. Para la disposición 4h/8h se tendrán 4 agujeros por metro de conducto.

En la zona 1, para la disposición 5h/7h, se tendrán 8 agujeros Ø18mm por metro de conducto de cada lado, y 4 agujeros Ø12mm para la disposición 4/8h.

- **Almacenaje al suelo y zona de trabajo al suelo (Zona 1, 3 y 4) : (ver anexo curvas en anexo)**

En estas zonas la difusión se realizara gracias a varias filas de perforaciones de pequeño diámetro, el eje medio de estas micro perforaciones será de 8h20.



3.4.3.3 Dimensiones, caudales y perdidas de carga :

Con los datos del apartado 3.4.2 y con las curvas del proveedor se pueden seleccionar los conductos de difusión (conductos en verde en la sección 3.4.2.2). Mostro en la tabla más abajo sus características principales. *Para más detalles sobre los cálculos ver los anexos*

Zona	Índice red	Numero antena/red	Longitud antena (m)	Diámetro antena (mm)	Caudal antena (m ³ /h)	Presión estática antena (Pa)
1	/	6	30	450	4166	83
2	Red1	5	15	450	4200	73
	Red2	5	21	450	4200	100
	Red3	4	21/23	450/500	4200/5600	100/85
3	/	4	23	560	7250	62
4	/	4	23	560	6500	73

Con los resultados de caída de presión total en la red y de presión estática necesaria para las antenas de difusión se deduce la presión total necesaria para el ventilador. Para más detalles ver las hojas de cálculos en anexo

4 ANALISIS DE CONSUMO ENERGETICO, IMPACTO MEDIOAMBIENTAL, COSTE ESTIMATIVO

4.1 Introducción

Al nivel del ante proyecto el cliente pide una evaluación de lo que iba a consumir como energía final. Nosotros tuvimos hacerle unas propuestas para presentarle como podíamos mejorar su edificio en términos de ahorro de energía primaria, impacto medio ambiental, y coste estimativo. Es muy importante ahora juntar estos tres factores, porque hoy en día los productores de vino, y el sector de la agricultura están modernizándose y representan un vector importante de la evolución energética. Para ir desarrollando esta imagen tienen que invertir en tecnología y materiales respetuosos del medio ambiente.

Lo que propusimos entonces fue 4 soluciones basadas en la misma energía final: la energía eléctrica. Hemos descartado las soluciones por gasóleo o gas natural para la calefacción en invierno, y eso por diversos motivos.

Sabiendo que no había necesidades de producción de ACS (aparte en los vestuarios que solo tienen 2 duchas utilizadas como máximo 2h por día y 5 días a la semana), no se consideraba pertinente construir una red de distribución de agua caliente dedicada a la calefacción. Hubiera implicado de encontrar el espacio suficiente para ubicar la caldera de producción y los tanques de almacenaje de gasóleo, además un trabajo de instalación y mantenimiento de redes más complicado y más caro que una red eléctrica, todo eso siendo menos eficiente.

Para la solución de gas también planteaba el problema del almacenaje ya que la región donde se sitúa no tiene acceso a la red de gas natural, y además, aunque existen en el mercado Rooftop con calderas integradas, su coeficiente de eficiencia es más bajo que lo de los Rooftop de expansión directa (eléctricos) teniendo el mismo orden de precio.

Entonces nos quedamos con 4 soluciones:

- A. La primera será el edificio básico con 9,5 de altura del suelo. El edificio en que hemos basado todos los cálculos de los apartados anteriores.

- B. La segunda fue una variante del primero edificio con 6m de altura del suelo al techo para los locales de empaquetado y de Logística. Hicimos esta proposición porque nos habíamos dado cuenta de que en estas zonas no había almacenaje hasta 7,5m de altura así que no servía nada de tratar este volumen de aire.
- C. En la tercera proposición proponemos de cambiar el aislante de poliuretano expandido, no quedamos con el mismo espesor y los mismos volúmenes que en la configuración A.
- D. En la proposición D combinaremos la configuración B y la configuración C.

Para conocer el consumo energético final (en kW_{elech}) de cada local primero hay que conocer las necesidades de calefacción y de refrigeración, lo que mostraré en el apartado siguiente.

4.2 Necesidades de calor y frío

Simulando en modo normal (el modo del apartado 2), utilizando el archivo meteorológico del año tipo, el programa PLEIADES nos da como resultados un hoja de datos con los consumos energéticos de cada local. Esta energía corresponde con la energía calorífica / frigorífica necesaria para alcanzar las consignas de termostato en cada momento de las temporadas de calefacción y de climatización.

En los apartados siguientes, para el primer caso, presentaré los resultados con histogramas, y eso para cada temporada de calefacción y de climatización según los meses del año y en función de las temperaturas exteriores, acabaré por un resumen anual. Para los casos siguientes mostraré directamente los resultados anuales. En otra parte compararé las diferencias entre los resultados.

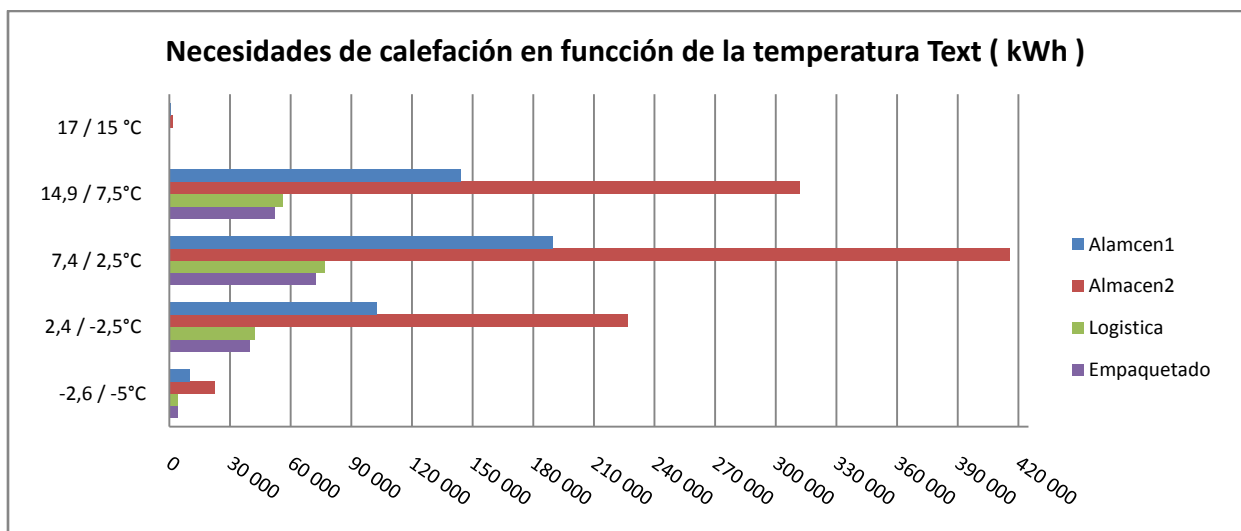
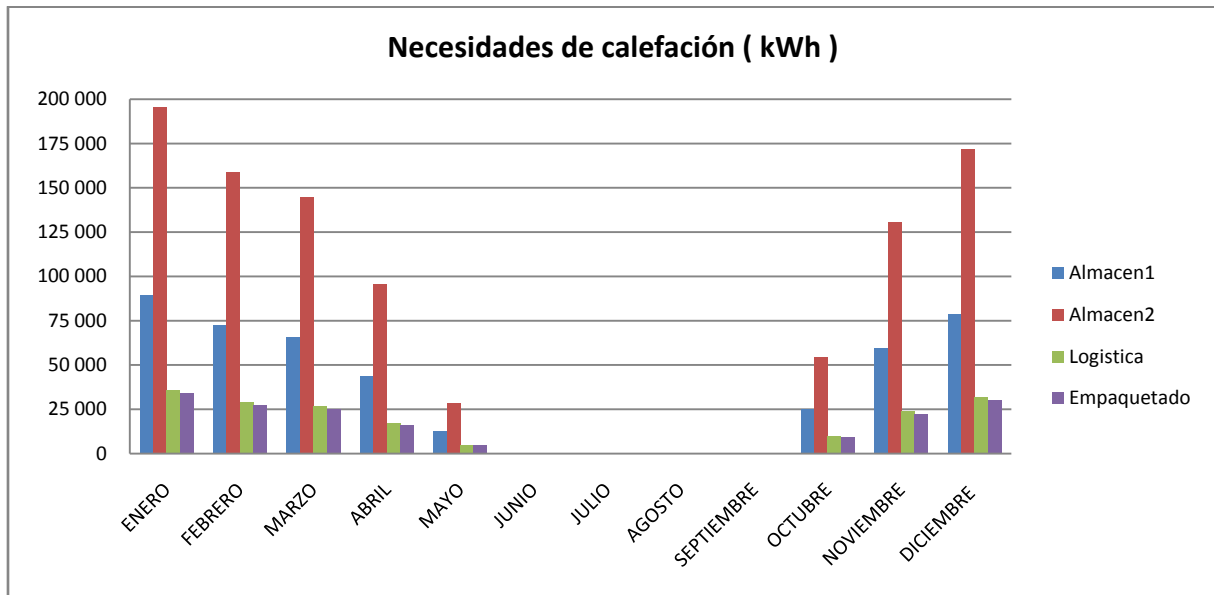
4.2.1 Resultados : Caso A

4.2.1.1 Calefacción

Se puede ver en los histogramas que las necesidades van creciendo de manera casi proporcional al tamaño de los locales. Por ejemplo, el almacén 2 representa 46 % del volumen del almacén 1 y sus necesidades de calefacción mensuales representan 47% de las necesidades mensuales del almacén 2. Se comprueba eso también entre el local el Almacén 2 y la logística.

Se nota también una evolución casi proporcional en la bajada de necesidades de calefacción entre el mes de enero y el apago de la calefacción, y también en la subida de necesidades entre el reinicio de la calefacción en octubre hasta el fin del año.

Si miramos el segundo grafico, se nota que la suma de necesidades más alta se encuentra para el rango de temperatura entre 2,5 y 7,4°C. Comprobamos que cuando la temperatura exterior sube encima de 15°C al exterior casi no hay necesidades de calefacción (corresponden con temperaturas de media temporada y de verano).

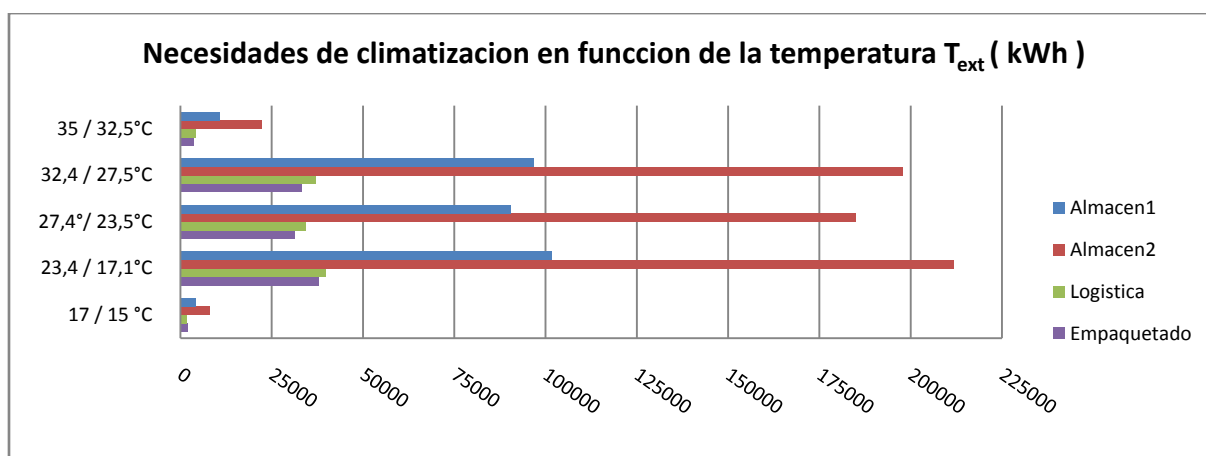
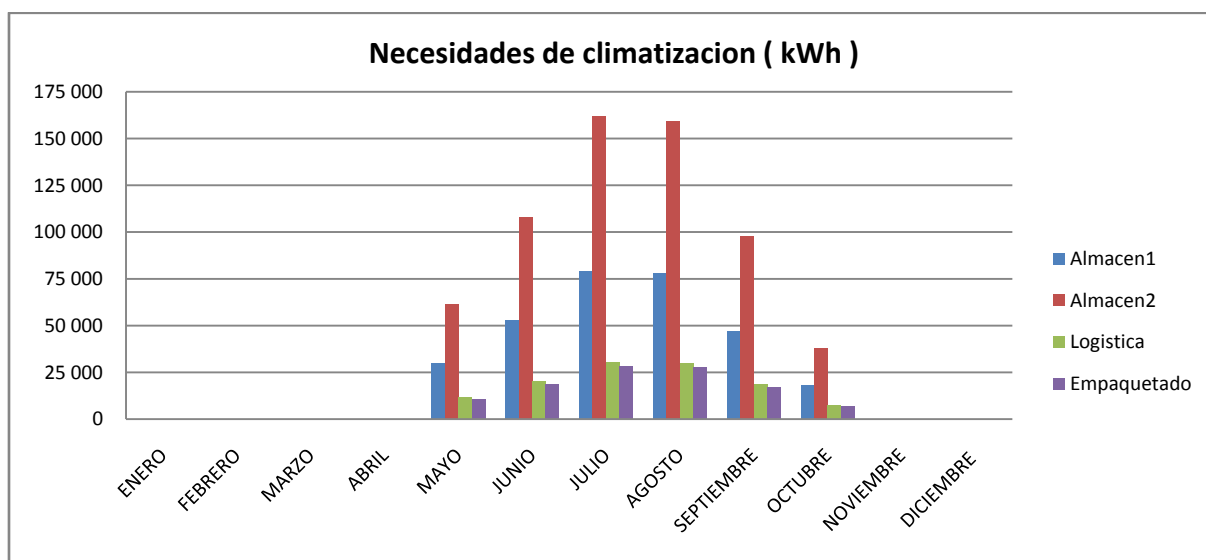


4.2.1.2 Climatización

Notamos las mismas proporcionalidades entre los volúmenes de los locales y la amplitud de las necesidades y se nota también el aumento de las necesidades hasta los 2 meses más calientes que son julio y agosto y luego la bajada hasta el apago de la climatización.

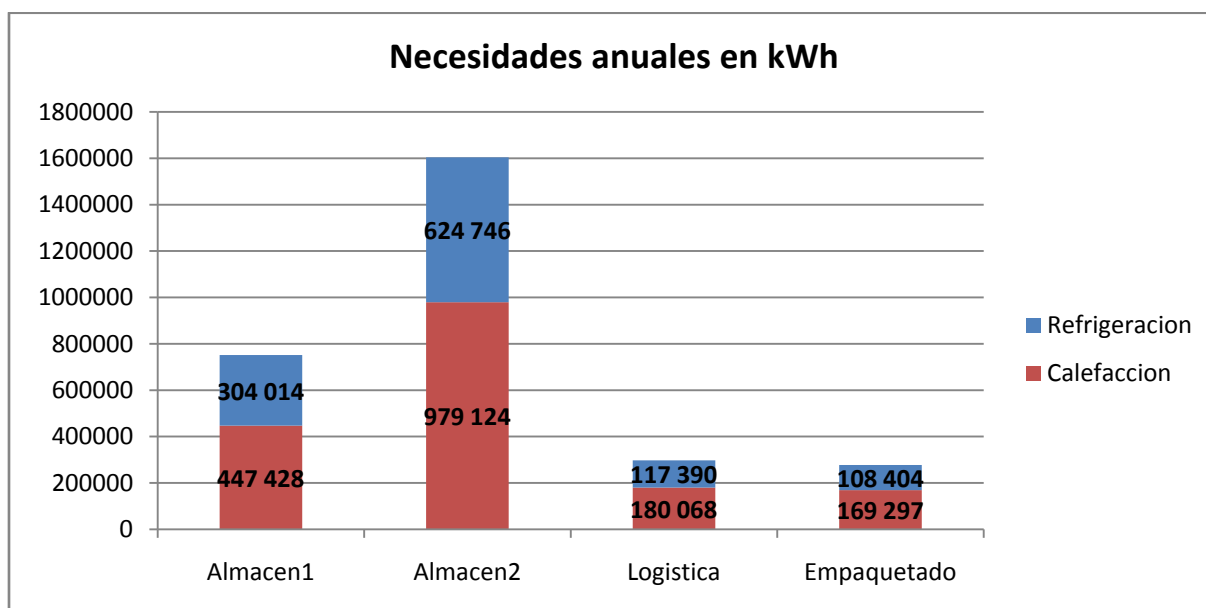
Mirando las curvas en función de las temperaturas exteriores, se nota que bajan las necesidades para el rango 23,5/27,4 y luego suben de repente par el rango siguiente 27,5/32,4. Por lo tanto cada vez las temperaturas externas están elevadas, cada vez menos horas representan al año.

Entonces esta evolución confirma que la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior influye rápidamente sobre las necesidades de climatización.



4.2.1.3 Balance caso A

Comprobamos que las necesidades de calefacción en enero son más altas que las necesidades de climatización en julio: es lógico porque en enero la temperatura media entre el día y la noche es de 6,4°C mientras que en agosto es de 20,9°C. Así que en media tenemos más diferencia de temperatura entre el interior y el exterior en enero que en agosto. (16°C en el interior). También porque la temporada de calefacción es más larga que la temporada de climatización, resulta al final que las necesidades anuales de calefacción son más altas que las de climatización.



4.2.2 Resultados caso B

4.2.2.1 Balance caso B

Para los almacenes 1 y 2, se nota un aumento de casi 2% entre el caso A y B con respecto a las necesidades de calefacción y de refrigeración. La explicación de este aumento es la siguiente: cuando bajamos el techo de los locales de logística y empaquetado de 9,5m a 6m, viene añadirse a la superficie exterior de los locales de almacenaje una parte de techo vertical de 3,5m de ancho. Por eso los almacenes tienen más superficie en contacto con el exterior, entonces aumentan las necesidades de calefacción y refrigeración.

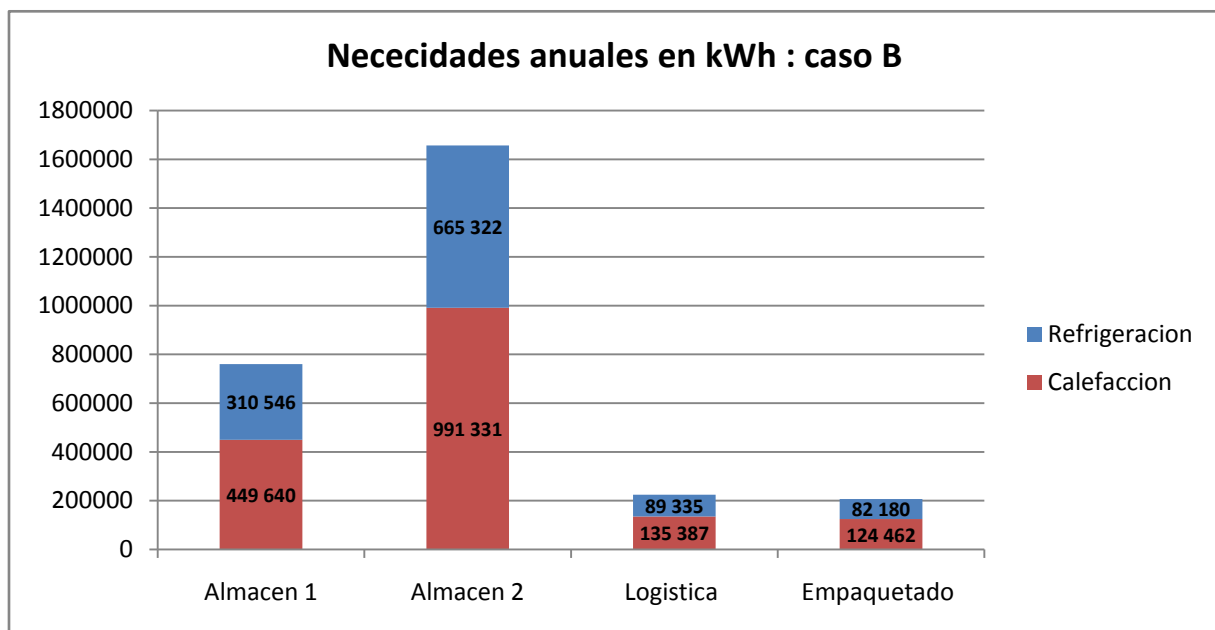
Para los locales de empaquetado y de logística, se nota que las necesidades de calefacción y de refrigeración han bajado en comparación del CASO A.

- Las necesidades de refrigeración han bajado de 23,9% entre el caso A y el caso B para la zona de logística, y de 24,2% para la zona de empaquetado.
- Las necesidades de calefacción han bajado de 24,9% entre el caso A y el caso B para la zona de logística, y de 26,6% para la zona de empaquetado.

Se puede notar desde este paso que ahorramos energía de calefacción y de refrigeración frente al caso A, modificando el volumen de estos 2 locales.

Además de necesitar menos energía, las cargas máximas de estas dependencias bajan también. Frente al caso A, las cargas térmicas máximas en verano y en invierno bajan respectivamente de 21% y de 28%. Como el volumen es menos importante y la altura del techo inferior, se necesita menos caudal de impulsión de aire para mantener las mismas condiciones interiores. Diseñando de nuevo las maquinas y la red de distribución de aire, resulta que bajamos de un rango en la serie de unidad de tratamiento de aire.

En los almacenes las cargas térmicas máximas casi no evolucionan entre el caso B y A, entonces quedamos con la misma configuración en la selección de maquinas.



4.2.3 Comparación entre A,B,C y D

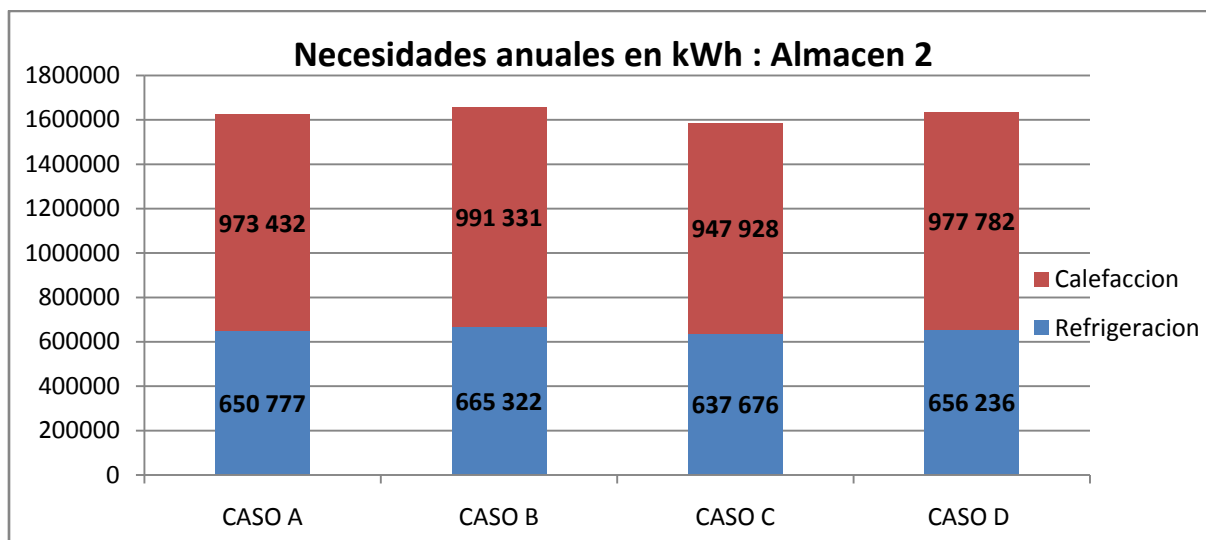
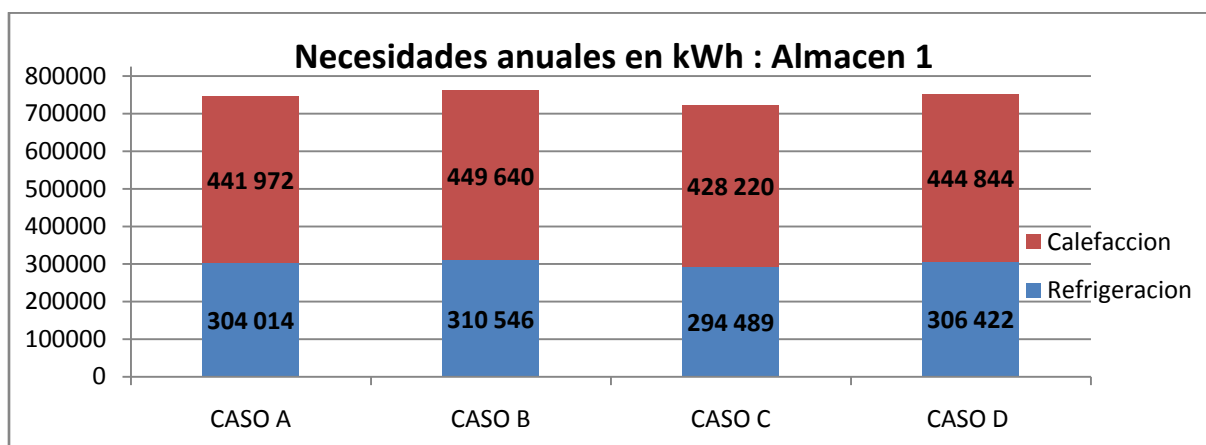
4.2.3.1 Almacenes 1 y 2

Entre el caso A y el caso C, tanto para las necesidades de refrigeración como para las necesidades de calefacción se notan bajadas entre 2 y 3,4%.

Entre los casos B y D, se notan el mismo orden de magnitud en la bajada de necesidades energéticas de calefacción y refrigeración (entre 2,01 y 2,7%).

En fin entre el caso A y D, no hay casi ninguna diferencia en términos de necesidades energéticas (menos de 1%). En efecto siendo la combinación del caso B y del caso C se pueden explicar estos valores. Hemos dicho en el apartado anterior que cuando bajamos el techo de las zonas de logística y empaquetado (caso B), subían las necesidades energéticas para los almacenes (de 2%). Como cambiamos también la cualidad del aislante, entonces bajan las necesidades del mismo orden de magnitud. De esta manera, resulta que la diferencia entre el caso A y el caso D en términos de necesidades energéticas es muy pequeña para los almacenes.

En general, podemos notar que no evalúan de manera significativa las necesidades a través de los 4 casos para los almacenes.



4.2.3.2 Logística y empaquetado

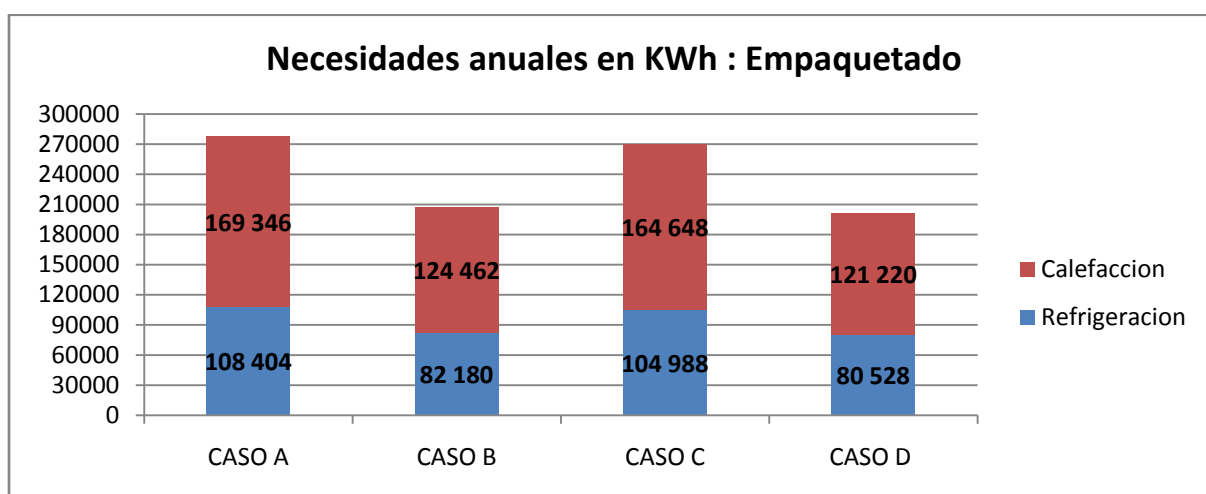
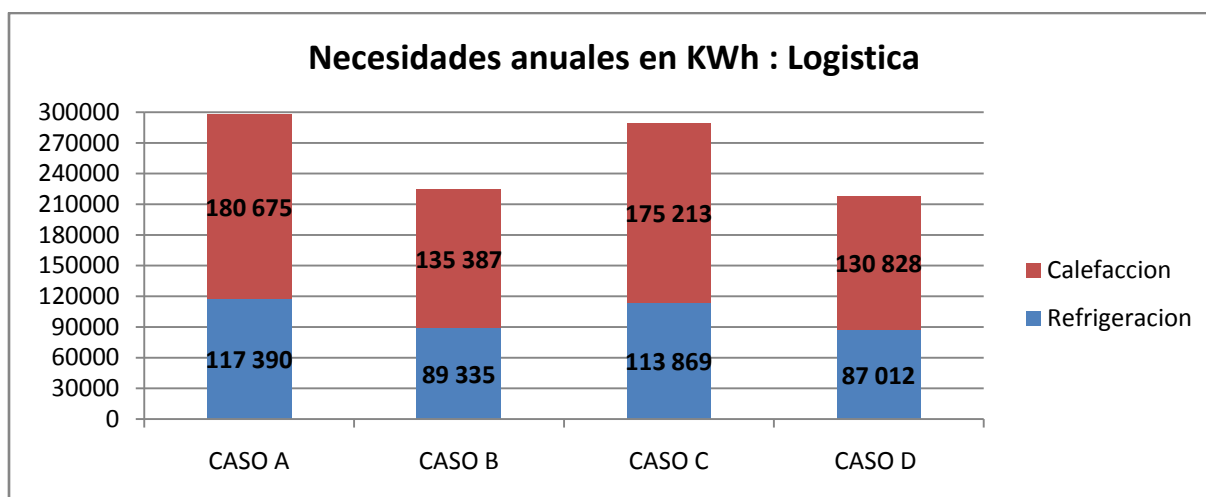
Entre el caso A y el caso C, tanto para las necesidades de refrigeración como para las necesidades de calefacción se notan bajadas entre 3 y 3,5%.

Entre los casos B y D, se notan diferencias entre 2,01 y 2,6% en la bajada de necesidades de calefacción y de refrigeración.

Estos resultados muestran que cambiando de cualidad de aislante, conseguimos reducir la demanda de energía del edificio en general. Sin embargo no se consigue un ahorro muy significativo. Veremos en los apartados siguientes, con que corresponde este ahorro en términos de energía final y de dinero.

Si miramos ahora la combinación de las 2 proposiciones que corresponden con el caso D, en comparación con el caso A, las necesidades energéticas totales han bajado de 26,4% en caso D. Entonces, del punto de vista del ahorro de energía este caso sería ya el más interesante. Veremos entonces como se posiciona esta solución con los otros criterios de comparación.

En términos de cargas térmicas máximas, el resultado es el mismo que para el caso B, esta configuración nos permite cambiar de selección de las maquinas con una potencia inferior, y entonces un precio inferior.



4.3 Eficiencia energética de los locales y consumo de energía final

Para conocer los consumos de energía final utilicé una función del programa PLEIADES que permite entrar las características de las máquinas de producción de calor y frío. Entonces en los apartados siguientes mostraré y comentaré los datos que entré y los resultados que obtuve.

4.3.1 Coeficientes de eficiencia

4.3.1.1 Definiciones : COP y EER

Según la norma **NF 14 511** relativa a los equipos de intercambio por expansión directa, los coeficientes están definidos por:

$$\text{COP} = \frac{\text{Potencia calorífica cedida por el fluido caloportador}}{\text{Potencia efectiva absorbida por la máquina}}$$

$$\text{EER} = \frac{\text{Potencia frigorífica absorbida por el fluido caloportador}}{\text{potencia efectiva absorbida por la máquina}}$$

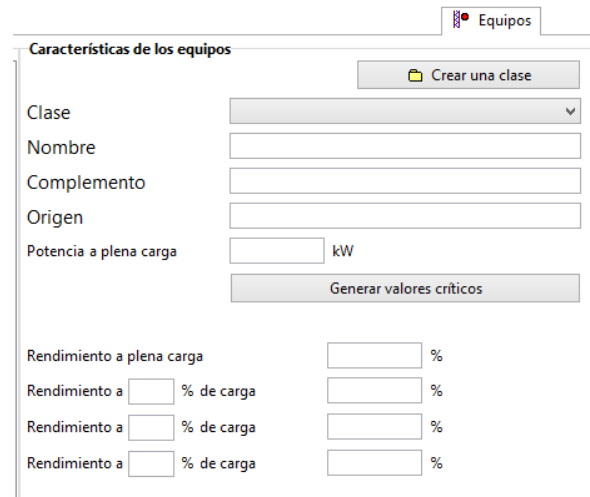
La potencia absorbida por la máquina tendrá en cuenta la potencia absorbida por el/los compresor(es), por el/los ventilador(es) interiores y exteriores.

4.3.1.2 Entrada de los coeficientes

Tanto el Invierno como en verano se tiene que conocer el coeficiente de eficiencia de la máquina para luego obtener la energía consumida para cada dependencia. Estos coeficientes están dados por el proveedor, y varían a lo largo del año principalmente en función de la temperatura exterior y de las cargas correspondientes de las máquinas. De hecho, cuanto más baja la temperatura exterior menos eficiencia tienen las bombas de calor (invierno); y resulta lo mismo cuando sube la temperatura en verano.

El proveedor me dio entonces los coeficientes correspondientes las condiciones del edificio en Bordeaux. Se pueden ver los datos del proveedor en el anexo de eficiencia de las máquinas.

El programa PLEIADES permite entrar los coeficientes de eficiencia de los equipos de climatización. Para la temporada de invierno y de verano, se tiene que enseñar la potencia máxima de cada aparato, y luego los coeficientes de eficiencia a carga parcial (cf. Imagen siguiente).



Se tiene que seleccionar también en el programa la tecnología del humidificador y por los ventiladores (ver apartado de características de los ventiladores). Para estas máquinas los aportes de humedad se realizan por evaporación de agua mediante resistencias eléctricas (rendimiento eléctrico de 92%).

4.3.2 Diagrama de eficiencia energética de los locales

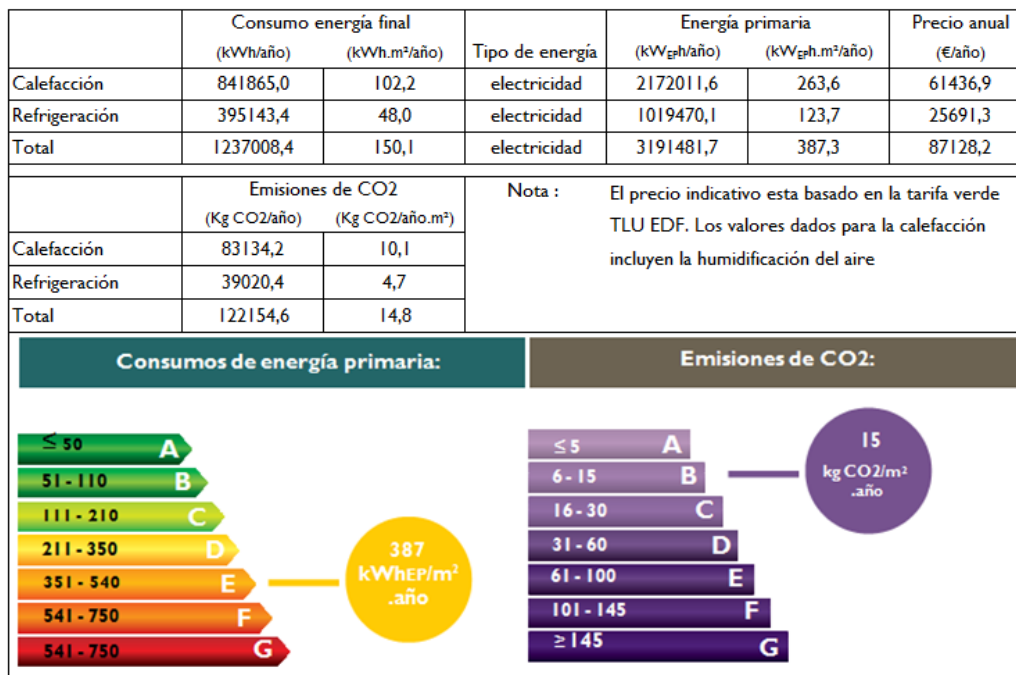
4.3.2.1 Presentación

Este informe es obligatorio ahora para cualquiera construcción nueva en Francia. Tiene 2 etiquetas. Una etiqueta que corresponde con el consumo de energía primaria, de los aparatos de calefacción y de refrigeración. La norma toma en cuenta un coeficiente entre los consumos finales y primarios: para el gas o combustible derivado de petróleo el coeficiente es de 1 y para la electricidad el coeficiente es de 2,58.

La otra etiqueta que corresponde con las emisiones de CO₂ debidas al consumo de energía final.

4.3.2.2 Etiquetas energéticas :

Mostro en la imagen abajo una pantalla de los resultados de diagramas de eficiencia. El caso de esta pantalla es el A. El estudio del diagrama se realiza para el conjunto de las cuatro zonas: almacenes, logística y empaquetado, que representan una superficie al suelo de 8240m².



Para el caso A las 4 zonas obtienen la clasificación E, que es corresponde con un edificio costoso energía primaria. Para tener una comparación, el nivel medio de las casas existentes se sitúa entre D y E también. Si miramos los resultados de calefacción por ejemplo, obtenemos para el consumo de energía primaria de la calefacción 263,6 kW_{EP}h.m²/año, y este resultado es mucho mejor que la casas recientes equipadas con un sistema de calefacción eléctrico. (una media de 350 kW_{EP}h.m²/año según el instituto Nacional de la Estadística y Estudios Económicos *INSEE*).

Para las emisiones de CO₂ el conjunto de las 4 zonas obtiene la clase B, que es un buen resultado y aun más para un edificio industrial.

Si miramos ahora los otro casos obtenemos también las mismas clases de consumo de energía primaria (E), y de emisiones de CO₂ (B). El caso D obtiene los mejores resultados con 368,9kW_{EP}h/m² y 14,1 Kg CO₂/m². Aquí abajo mostro un resumen de los resultados por metro cuadrado y por año para cada caso.

CONSUMO ENERGIA PRIMARIA	Calefacción (kW _{EP} h.m ² /año)	Refrigeración (kW _{EP} h.m ² /año)	Total (kW _{EP} h.m ² /año)	Clase de eficiencia
Caso A	263,6	123,7	387,3	E
Caso B	253,4	120,6	374,0	E
Caso C	257,4	120,6	378,1	E
Caso D	250,1	118,8	368,9	E

EMISIONES CO ₂	Calefacción (KgCO ₂ /m ²)	Refrigeración (KgCO ₂ /m ²)	Total (KgCO ₂ /m ²)	Clase de eficiencia
Caso A	10,1	4,7	14,8	B
Caso B	9,7	4,6	14,3	B
Caso C	9,9	4,6	14,5	B
Caso D	9,6	4,5	14,1	B

4.3.2.3 Impacto medio ambiental del envolvente

Los casos A y B utilizan un aislante natural, en efecto el corcho expandido es un producto interesante del punto de vista de sus características térmicas, y de su resistencia al agua. Se cosecha la materia prima cada 9 años y luego se expande en un horno a 300°C y se aglomera gracias a su propia resina. Este proceso no daña el medio ambiente: con solo 26 Kg de CO₂eq /m³ es un producto raro que cuesta alrededor de 23€/m² para 8cm de espesor (fuente *ADEME*: Agencia del control de medio ambiente y de la energía)

Los casos C y D utilizan un aislante muy común: el poliestireno extruido. Tiene muy buenas características térmicas en comparación con el corcho y es un material muy impermeable. El proceso de fabricación consiste en el extruido de la materia plástica gracias a gases HFC o CO₂. Debido a su proceso de fabricación y de su materia prima tiene un ciclo de vida que emite mucho CO₂. Según el *ADEME*, a través su ciclo de vida este producto emite 283 Kg de CO₂ eq /m³ y es más barato que el corcho (en 15€/m² por 8cm de espesor)

Entre los casos A, B y C, D reducimos la superficie del envolvente entonces reducimos el impacto medio ambiental debido a la pared entera, por eso tomé en cuenta la pared de hormigón también. Este último material es muy nocivo para el medio ambiente, representa 244 Kg de CO₂ /m³ en su ciclo de vida. El precio medio total que me dio la oficina técnica de las obras gruesas es de 140€/m².

Comparé entonces los diferentes casos en términos de emisión total de CO₂ debido a la construcción del envolvente, y de su precio. Tomé como referencia de comparación el caso A. Se puede ver en las tablas abajo que el caso B es el mejor con respecto a las emisiones de CO₂ y el caso D el mejor con respecto al precio de la obra. Es caso con el precio más bajo es el último, el D.

Diferencia de emisiones de CO2 entre cada caso en comparación con él A					
kgCO2eq					
	Corcho expandido $\lambda = 0,04$	Poliestireno extruido $\lambda = 0,03$	diferencia/A	%/A	Rango
Caso A	144 960		0	0	2
Caso B	125 727		-19 233	-13,27%	1
Caso C		203 536	58 576	+40,41%	4
Caso D		176 532	31 572	+21,78%	3

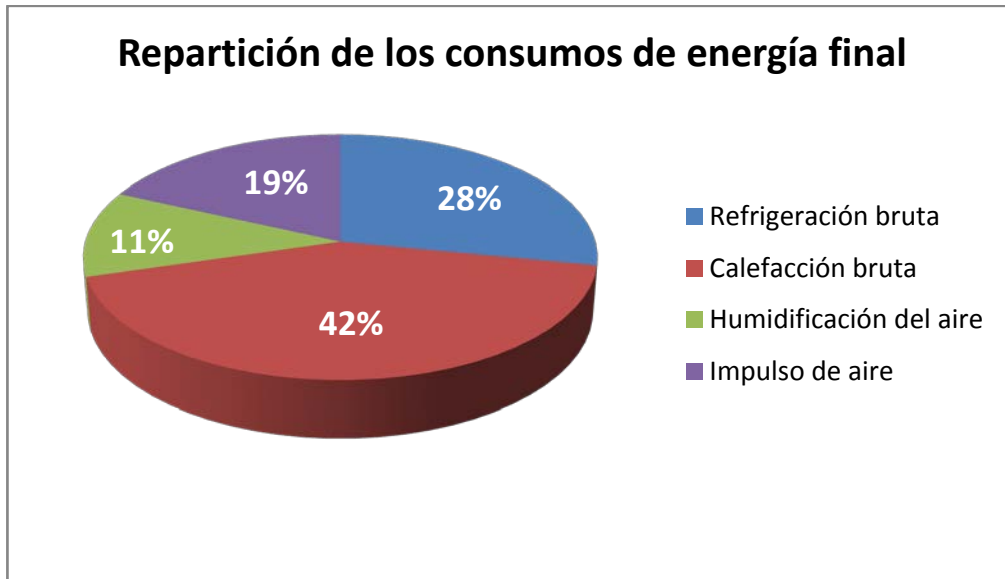
Diferencia de precios del envolvente entre cada caso en comparación con él A					
€					
	Corcho expandido $\lambda = 0,04$	Poliestireno extruido $\lambda = 0,03$	diferencia/A	%/A	Rango
Caso A	470 093		0	0	4
Caso B	407 723		-62 370	-13,27%	2
Caso C		428 497	-41 596	-5,21%	3
Caso D		371 646	-98 447	-17,79%	1

4.3.3 Consumo de energía final (electricidad)

4.3.3.1 Repartición del consumo

En media sobre los 4 casos, y sobre todos los locales, el consumo de energía final se reparte en 4 partes:

- La calefacción bruta (producción de calor) que corresponde con el consumo más importante (42%)
- La refrigeración (producción de frío) que viene en segundo (28%)
- El impulso del aire que viene en tercero (19%)
- La humidificación del aire que representa 11% del consumo final



4.3.3.2 Precio de la electricidad

El informe pone el consumo de energía final y una evaluación del coste anual de la calefacción y de la refrigeración. Se tiene que enseñar por eso la tarifa correspondiente con el suministro de electricidad elegido. En este edificio la tarifa elegida se llama tarifa verde, esta suministrada por la empresa EDF (Electricidad de Francia) y permite contratar potencias inferiores a 3MW en alta tensión. Se compone de 2 temporadas, una temporada de invierno y una de verano, según los días de la semana y las horas del día se aplica una tarifa distinta (horas puntas y valles).

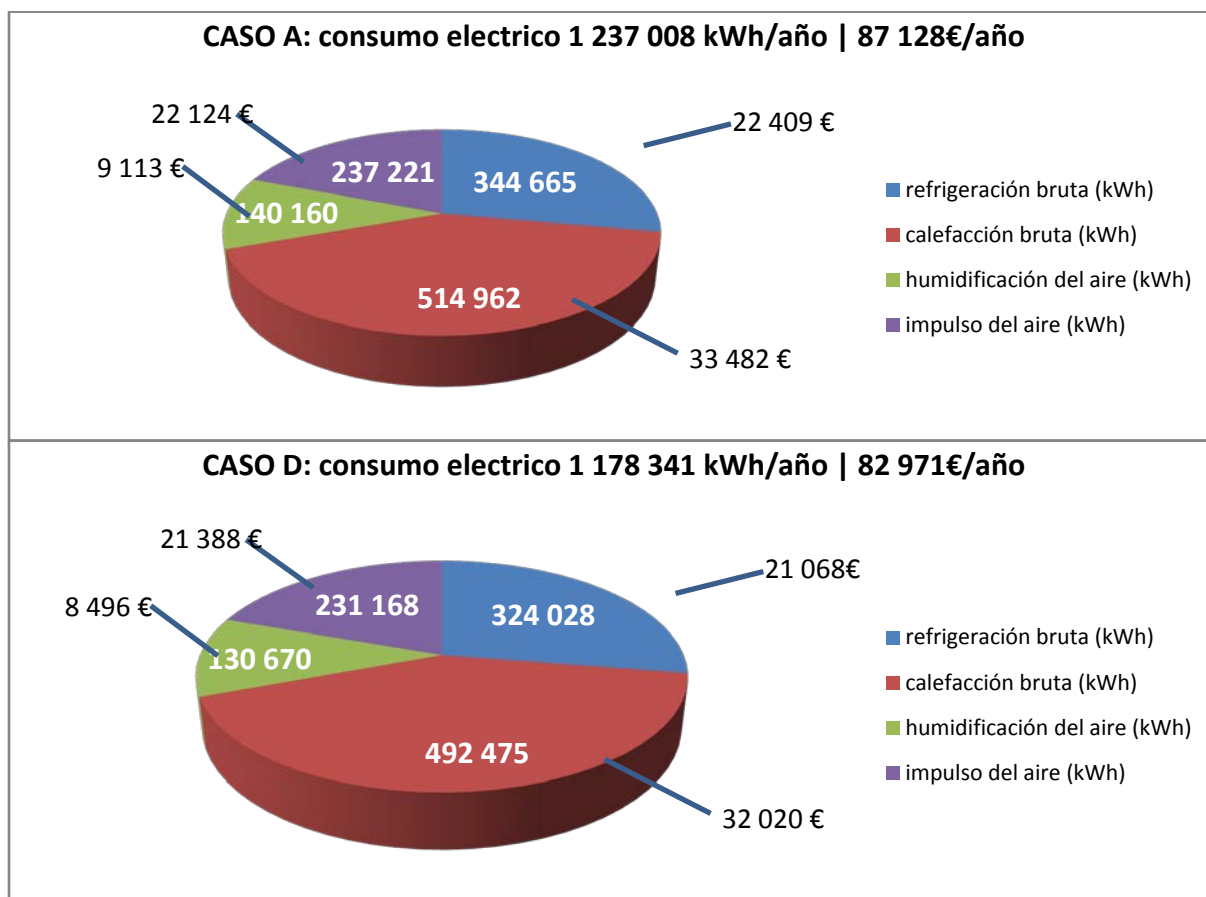
Para esta tarifa el precio medio anual es de 7,30c€/kWh.

4.3.3.3 Comparación entre los casos A y D

Entre todos los casos el caso que menos consume de electricidad es el caso D con un promedio sobre los locales de 143 kWh/m². El que más consume es el caso A con un promedio de 150,12 kWh/m². Los ahorros anuales realizados con la última solución son de 4157€ frente al caso A.

En los histogramas siguientes, mostro como se reparten los consumos y los costes correspondientes. Podemos notar que humidificar el aire tiene un coste que no es despreciable. Las unidades de tratamiento de aire actuales controlan la producción de vapor con sistemas electrónicos, eso permite alcanzar mejores rendimientos (cerca de 95%). Igual que las máquinas estén equipadas de ventiladores eficientes se nota también que los costes del impulso del aire son relevantes. En torno a la producción de frío y de calor, hasta ahora, se han hecho esfuerzos para mejorar la producción y la transferencia de energía de estas máquinas.

La ventaja de los Roof Top industriales es que tienen múltiples circuitos en paralelo para poder ajustar la producción de frío o calor a la demanda, y así, consumir lo único necesario para las necesidades de cada temporada. Obviamente esta tecnología tiene un coste, lo que mostraré en el último apartado.



4.4 Balance de costes

4.4.1 Presentación de las obras

El principio de la instalación tuvo lugar después de la obra gruesa, y de la carpintería del techo. En paralelo con la cobertura del techo de alquitrán, una vez los armazones de base realizados se posicionaron las 10 unidades en sus sitios con la grúa de la obra.

Luego se realizaron las conexiones eléctricas, electrónicas y las conexiones a la red de fluidos (agua y aire) para el humidificador.

El proveedor de las unidades de tratamiento de aire se encargo de la entrega al suelo de la maquinas, de su puesta en marcha una vez las conexiones realizadas, y de su mantenimiento 4 veces por año.

4.4.1.1 Parte eléctrica

Una parte del trabajo consiste en distribuir la red de cables eléctricos desde el armario de distribución hasta los sitios de cada unidad. El precio de la mano de obra será de 40€/h para estas conexiones.

La otra parte del trabajo consiste en realizar las conexiones electrónicas y la programación entre cada unidad y el modulo de Gestión Técnica del Edificio (autómata programable). Para poder seguir el consumo de la instalación, se decidió instalar aparatos de contabilización de energía conectados al sistema de GTE. Se encargaron los técnicos de conectar y programar el autómata para recoger y analizar estos datos también. El conjunto de estas obras se estima a 2000€ por unidad de tratamiento de aire.

4.4.1.2 Fontanería

Se trato de conectar cada unidad de tratamiento de aire a la red principal de suministro de agua y de aire comprimido. La mano de obra para estos trabajos será también de 40€/h, el relleno y la puesta en marcha a 90€/h.

4.4.2 *Resumen de los costes de instalación de las UTA*

Reduciendo los volúmenes de los dos locales permite de ahorrar 28 000€ sobre la inversión de la instalación. (ver en anexo los componentes de la estimación para mas detalles)

Parte eléctrica		56 210 €
Parte de fluidos		32 670 €
Unidades de tratamiento de aire	CASO A/C	510 000 €
	CASO B/D	482 000 €
TOTAL	CASO A/C	598 880 €
	CASO B/D	570 880 €

4.4.3 Coste total anual (Inversión y operación)

Para este balance tomo en cuenta la inversión en la construcción del envolvente vista en el apartado 4.3.2.3 y la inversión en la instalación.

La inversión está repartida sobre un periodo de 20 años con una tasa de interés de 5%. La fórmula utilizada para anualizar la inversión total es la siguiente:

$$a = C \times 0,05 \times \frac{(1 + 0,05)^{20}}{(1 + 0,05)^{20} - 1} \quad \text{a: Coste anualizado / C: Inversión total}$$

Los costes de operación serán por primera parte: los costes anuales de consumo eléctrico debidos a la climatización, por otra parte: el mantenimiento anual de la instalación que es de 20 000€, y que incluye 4 controles por año y el cambio de todos los filtros de los aparatos cada año, y eso para todos los casos.

En la tabla de abajo mostro en rojo los costes totales anuales:

Inversión total envolvente + instalación				
	CASO A	CASO B	CASO C	CASO D
Instalación	598 880 €	570 880 €	598 880 €	570 880 €
Envolvente	470 093 €	407 723 €	428 497 €	371 646 €
Total inversión	1 068 973 €	978 603 €	1 027 377 €	942 526 €
Total inversión anualizado	85 777 €	78 526 €	82 439 €	75 631 €

Coste de operación				
	CASO A	CASO B	CASO C	CASO D
Consumo eléctrico anual	87 128 €	84 100 €	85 051 €	82 971 €
Mantenimiento anual	20 000 €	20 000 €	20 000 €	20 000 €
Coste total operación / año	107 128 €	104 100 €	105 051 €	102 971 €

Coste Total / año	192 905 €	182 626 €	187 490 €	178 602 €
Diferencia / caso A	0	-10 280 €	-5 415 €	-14 303 €

4.5 Síntesis de las comparaciones

4.5.1 Punto de vista: consumo de energía

Notamos primero que para bajar el consumo de energía final y entonces el consumo de energía primaria se tiene que primero bajar las necesidades del edificio. El caso que tiene las necesidades más bajas es el D por eso es el caso más eficiente del punto de vista energético. Viene después el caso B segundo, el C tercero y el A el peor.

Quería mostrar que antes que invertir en maquinas, se puede ya reducir los consumos trabajando en cosas simples como reducir los volúmenes que no sirven, y tener los edificios lo mas compactos posibles para bajar la superficie exterior expuesta. Los materiales empleados y sus espesores influyen también en la bajada de estas necesidades, por eso si el presupuesto lo permite es una buena alternativa invertir primero en ellos.

Los consumos de energía de un edificio dependen por otra parte de los usos que hacemos de este mismo. En este caso, como se trata de uso continuo para controlar las condiciones internas a lo largo de año, no se puede reducir el consumo de manera muy radical. Los resultados de ahorros posibles pueden basarse sobre todo en un sistema de regulación eficiente. La regulación permite que los coeficientes de eficiencia de las bombas de calor sean los más altos posible, a cada momento del año. El uso del control electrónico facilita esta regulación, especialmente en las centrales de tratamiento de aire. Una solución es primero de controlar los aportes de aire nuevo, es decir limitar las fugas del edificio de una parte, y por otra parte, instalar un sistema automático de toma de aire nuevo basado en las medidas del nivel de CO₂ dentro del edificio. El uso compresores Scroll permiten también variar la potencia frigorífica / calorífica en función de las necesidades, así se regula más precisamente la potencia entregada a lo largo del año.

4.5.2 Punto de vista emisiones de CO₂

Hemos visto que los cuatro casos consiguen la etiqueta B en cuanto a las emisiones de CO₂ debidas al consumo de energía primaria para climatizar el edificio. Se suele alcanzar este resultado utilizando sistemas “todo eléctrico” debido que en Francia, la mayoría de la electricidad suministrada viene del nuclear (78%), y es uno de los procesos de producción de energía que emite menos CO₂/kWh.

Al final, tomando en cuenta las emisiones debidas al consumo de energía primaria necesario para climatizar el edificio, y las debidas a la construcción del envolvente. El caso que menos emite en total es el caso B, el segundo es el D, el tercero el A y el ultimo el C.

4.5.3 Punto de vista de coste total

Al final de todo, considerado el coste de construcción del envolvente y de la instalación de las centrales de tratamiento de aire, el caso D resulta el más económico con una diferencia de 14 303€/año en comparación con el caso A. El caso B viene segundo, luego viene el C y por fin el A que es el más costoso.

Vemos que utilizando soluciones simples como bajar los volúmenes inutilizados se puede conseguir ya ahorros de dinero tanto en la construcción como en las máquinas.

En fin, con respecto a los costes de operación, el sistema “todo eléctrico” permite asegurar un precio bastante estable y más bajo que otros países en Europa.

5 CONCLUSIONES

Llegado al final del estudio quería subrayar que ha sido una experiencia muy satisfactoria trabajar sobre un tema tan concreto como la climatización de un edificio actual.

Tras mis prácticas en la oficina técnica SNC LAVALIN, he podido aprender mucho sobre el mundo de la edificación, y como se reparten las tareas entre cada departamento (fluidos, electricidad, obra gruesa, carpintería....etc.) Trabajando tanto a nivel de la Ingeniería básica como detallada, he obtenido una primera experiencia en el desarrollo de cálculos técnicos en climatización y en estimación de consumo.

Este proyecto me ha ofrecido la posibilidad de trabajar de forma autónoma con los proveedores, de ampliar mi lenguaje técnico, entender los problemas de ingeniería y participar en la proposición de soluciones para contestar a las expectativas de un cliente.

Gracias a la ayuda del equipo de la oficina técnica, pude formarme en el uso de programas de uso profesional como AUTOCAD y PLEIADES+COMFIE. Los cuales son dos bases esenciales para trabajar sobre temas de eficiencia energética para la edificación. Hoy en día, este sector de actividad tiene un desarrollo impresionante y creo que tiene mucho porvenir.

Bibliografía

Patrick Bacot , Analyse modale des systèmes thermiques, Doctorate Thesis, University Paris VI, 1984

Patrick Bacot, Alain Neveu, Jean Sicard, Analyse modale des phénomènes thermiques en régime variable dans le bâtiment, Revue Générale de Thermique, n°267, Paris, 1984

Isabelle Blanc Sommereux, Gilles Lefebvre, Simulation de bâtiment multizone par couplage de modèles modaux réduits, CVC, n°5, mai 1989

Isabelle Blanc Sommereux, Bruno Peuportier, a bioclimatic design aid based on multizone simulation, ISES Conference, Denver, 1991

Dominique Blay, Comportement et performance thermique d'un habitat bioclimatique à serre accolée, Bâtiment-Energie n°45, 1986

C. Carter, A validation of the modal expansion method of modelling heat conduction in passive solar buildings, Solar Energy 23 n°6, 1979

Gilles Lefebvre, Analyse et réduction modale d'un modèle de comportement thermique de bâtiment, Doctorate Thesis, University Paris VI, 1988

H. Lund, Short Reference Years and Test Reference Years for EEC countries, EEC Contract ESF-029-DK, 1985

Alain Neveu, Etude d'un code de calcul d'évolution thermique d'une enveloppe de bâtiment, Doctorate Thesis, University Paris VI, 1984

Bruno Peuportier, Validation of COMFIE, Rapport C.E.C., Université de Stuttgart (I.T.W.), 1989
Bruno Peuportier, Isabelle Blanc Sommereux, Simulation tool with its expert interface for the thermal design of multizone buildings, International Journal of Solar Energy, 1988

J.J. Salgon et A. Neveu, Application of modal analysis to modelisation of thermal bridges in buildings, Energy and buildings, october 1987

ASHRAE handbook HVAC applications

http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/buildings_fr.htm

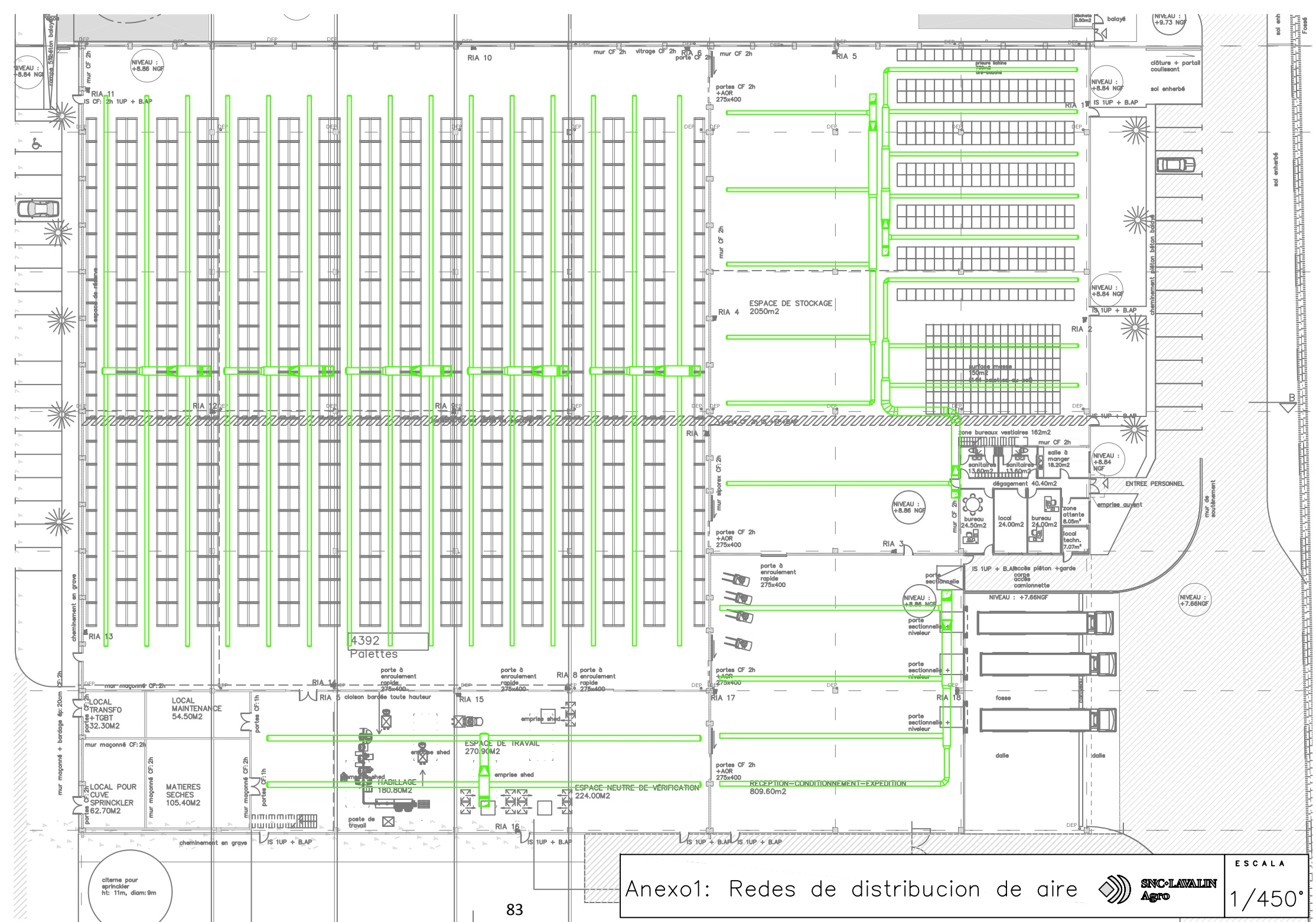
Fernandez, Pablo Sandoval. Seqüência ; Estudos Jurídicos e Políticos 32.62

http://es.wikipedia.org/wiki/Directiva_de_eficiencia_energ%C3%A9tica_en_edificios

http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/l27061_es.htm

http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/en0021_es.htm

www.techniques-ingenieur.fr

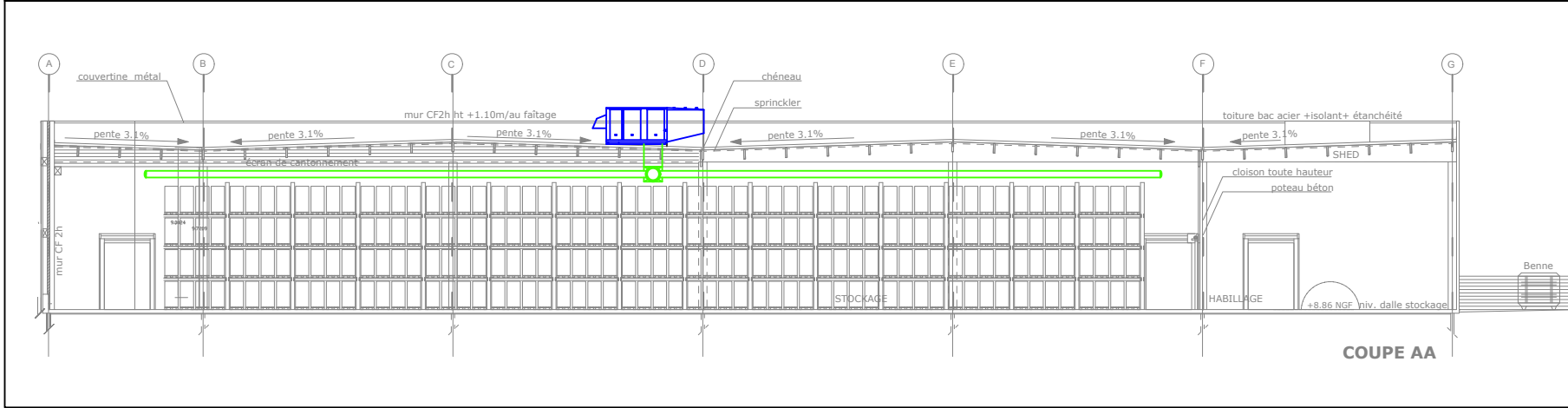
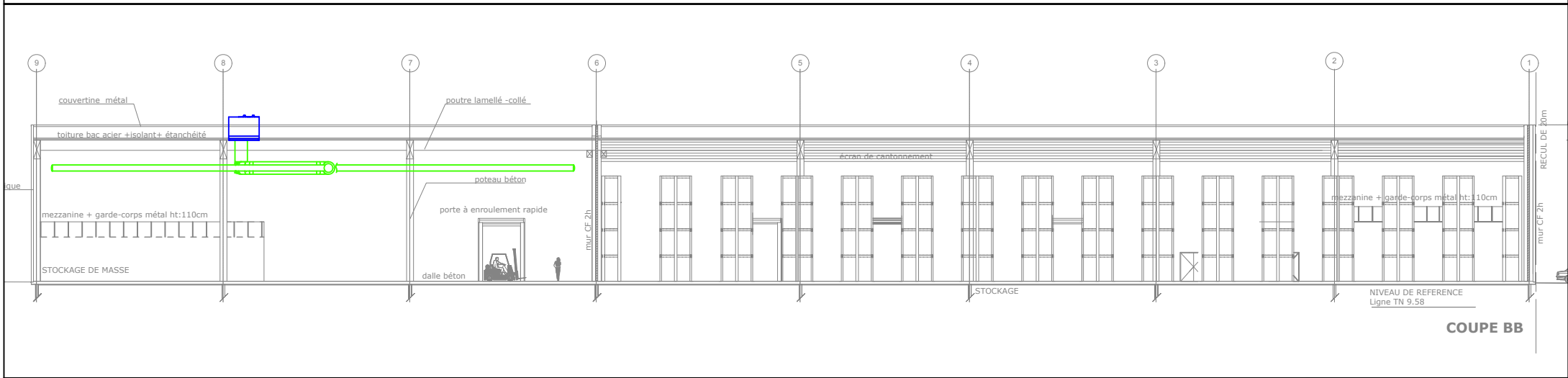
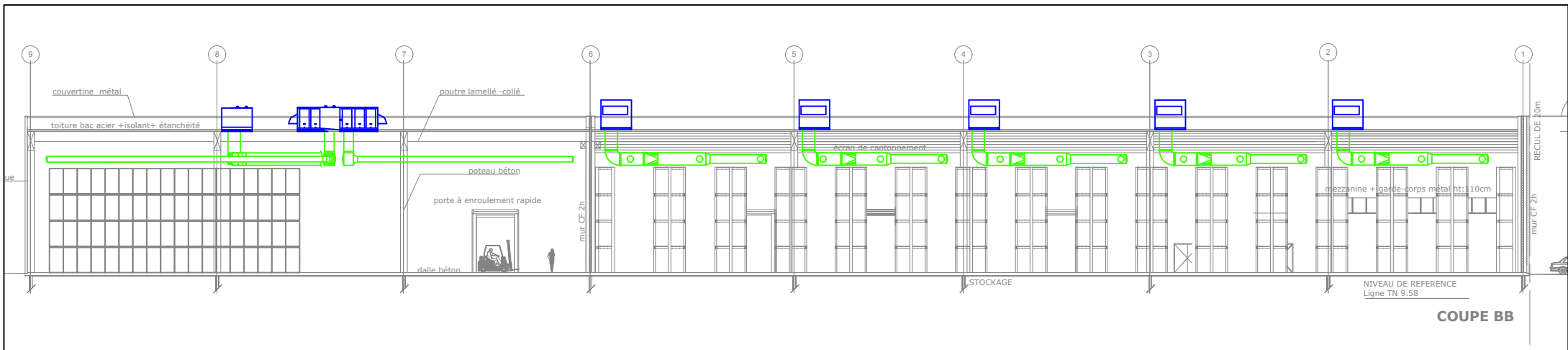


Anexo1: Redes de distribucion de aire



ESCALA

1/450°



Anexo 1–2

secciones transversales

SNC-LAVALIN
Agro

ESCALA

1/300°

ANEXO 2-1 | Materiales y composiciones del edificio

Envolvente caso A y C

Componentes	T	cm	kg/m²	λ	R
Hormigón blanco TX Arca	M	20.0	430	1.65	0.12
Lámina de aire de + de 1.3 cm	E	1.5	0	0.09	0.16
Corcho expandido 8	E	8.0	10	0.04	2.00
Total		29.5	440		2.28

Exterior



Interior

Paredes internas Almacén / Vestuarios

Componentes	T	cm	kg/m²	λ	R
Bloque de hormigón de 20	E	20.0	260	1.05	0.19
Lámina de aire de + de 1.3 cm	E	1.5	0	0.09	0.16
Laine de verre_0.04_Cp_840	M	10.0	1	0.04	2.50
Placoplatre BA 13	E	1.3	11	0.32	0.04
Total		32.8	272		2.89

Exterior



Interior

Envolvente caso B y D

Componentes	T	cm	kg/m²	λ	R
Hormigón blanco TX Arca	M	20.0	430	1.65	0.12
Lámina de aire de + de 1.3 cm	E	1.5	0	0.09	0.16
Poliestireno extruido	M	8.0	3	0.03	2.76
Total		29.5	433		3.04

Exterior



Interior

Paredes separaciones internas

Componentes	T	cm	kg/m²	λ	R
Placoplatre BA 13	E	1.3	11	0.32	0.04
Placoplatre BA 13	E	1.3	11	0.32	0.04
Lana de roca	M	4.0	1	0.04	0.98
Placoplatre BA 13	E	1.3	11	0.32	0.04
Placoplatre BA 13	E	1.3	11	0.32	0.04
Total		9.2	45		1.14

Exterior



Interior

Losa

Componentes	T	cm	kg/m²	λ	R
Arena y grava 1900 kg/m³	M	20	380	2.00	0.10
Hormigón pesado	M	20.0	460	1.75	0.11
Mortero de cemento para albañil	M	3	57	1.30	0.02
Total		43.0	897		0.23

Exterior



Interior

Forjado intermedio vestuarios

Componentes	T	cm	kg/m²	λ	R
Hormigón con áridos ligeros	M	8.0	128	1.15	0.07
Bovedilla de 16 de hormigón	E	16.0	208	1.23	0.13
Lana de vidrio_0.04_Cp_840	M	8.0	1	0.04	2.00
Total		32.0	337		2.20

Exterior



Interior

Losa Vestuarios

Componentes	T	cm	kg/m²	λ	R
Arena y grava 1900 kg/m³	M	20	380	2.00	0.10
Hormigón pesado	M	20.0	460	1.75	0.11
Poliestireno expandido	M	3.0	1	0.04	0.77
Mortero de cemento	M	5.0	95	1.30	0.04
PVC	M	0.5	7	0.16	0.03
Total		48.5	943		1.05

Exterior



Interior

Paredes internas cuartos técnicos

Componentes	T	cm	kg/m²	λ	R
Bloque de hormigón de 20	E	20.0	260	1.05	0.19
Total		20.0	260		0.19

Exterior



Interior

Pared Camión frigorífico

Componentes	T	cm	kg/m²	λ	R
PVC	M	1.0	14	0.16	0.06
Poliestireno extruido	M	5	2	0.03	1.72
PVC	M	1	14	0.16	0.06
Total		7.0	30		1.84

Exterior



Interior

Techo

Componentes	T	cm	kg/m²	λ	R
Fieltro bituminoso	M	1.0	17	0.50	0.02
Lana de vidrio_techo_0.038_65k	M	12.0	8	0.04	3.16
Barrera_vapor	M	0.0	0	0.03	0.00
Lámina de aire de 1.1 a 1.3 cm	E	1.2	0	0.08	0.15
Acero	M	0.5	39	46.00	0.00
Total		14.7	64		3.33

Exterior



Interior

ANEXO 2-2 | Superficies acristaladas y huecos

Puerta balconera batiente metálico 4.12.4

Clase	Puerta balconera
Nombre	Puerta balconera Batiente metálica 4.12.4
Complemento	sin ruptura de puente térmico
Origen	..
Ventanas	2 ventanas
Factor solar medio	0.60
Coef U medio	5.09 W/(m².K)
% de ventana	74 %
Ventana	
Factor solar	0.81
Coef U Ventanas	4.25 W/(m².K)
Marco	
Coef U Opaco	7.50 W/(m².K)

Puerta enrollable PVC interior

Clase	00_Almacen_vino
Nombre	Puerta_PVC_opaca_U=1.8
Complemento	Puerta_enrollable_275*400
Origen	Maviflex
Ventanas	Opaco
Factor solar medio	0.00
Coef U medio	1.80 W/(m².K)
% de ventana	0 %
Ventana	
Factor solar	0.80
Coef U Ventanas	0.10 W/(m².K)
Marco	
Coef U Opaco	1.80 W/(m².K)

Puerta metálica

Clase	Puertas
Nombre	Puerta metálica
Complemento	..
Origen	..
Ventanas	Opaco
Factor solar medio	0.00
Coef U medio	5.80 W/(m².K)
% de ventana	0 %
Ventana	
Factor solar	0.00
Coef U Ventanas	3.50 W/(m².K)
Marco	
Coef U Opaco	5.80 W/(m².K)

Puerta seccional PVC exterior

Clase	00_Almacen_vino
Nombre	Puerta_seccional_PVC_U=1.8
Complemento	7%vidrio_0.8_coef sol
Origen	Maviflex
Ventanas	1 ventanas
Factor solar medio	0.06
Coef U medio	2.16 W/(m².K)
% de ventana	7 %
Ventana	
Factor solar	0.80
Coef U Ventanas	7.00 W/(m².K)
Marco	
Coef U Opaco	1.80 W/(m².K)

Batiente aluminio 2 ventanas

Clase	00_Almacen_vino
Nombre	Batiente aluminio 2 ventanas
Complemento	PLANILUX
Origen	Saint-Gobain Glass 2000
Ventanas	2 ventanas
Factor solar medio	0.50
Coef U medio	3.68 W/(m².K)
% de ventana	66 %
Ventana	
Factor solar	0.75
Coef U Ventanas	3.00 W/(m².K)
Marco	
Coef U Opaco	5.00 W/(m².K)

Tragaluz policarbonato

Clase	00_Almacen_vino
Nombre	Tragaluz_policarbonato_2w/m².K
Complemento	Ext-COOL-LITE / Int-PLANILUX
Origen	Saint Gobain Glass 2000
Ventanas	1 ventanas
Factor solar medio	0.51
Coef U medio	2.02 W/(m².K)
% de ventana	90 %
Ventana	
Factor solar	0.57
Coef U Ventanas	1.80 W/(m².K)
Marco	
Coef U Opaco	4.00 W/(m².K)

ANEXO 3 | Tabla de caudales de infiltraciones y aire nuevo

CAUDAL AIRE FORZADO edificio 9,5m				Infiltraciones	Toma aire nuevo	Total aire nuevo		
			Superficie (m²)	Volumen (m³)	(m³/h)	(m²/h)	(m³/h)	(vol/h)
Volumenes mayores	Almacen 1	1	2050,00	19475,00	1137,34	4096,10	5233,44	0,27
	Almacen 2	2	4646,20	44138,90	2577,71	8827,78	11405,49	0,26
	Logistica	3	808,83	7683,89	448,74	1536,78	1985,52	0,26
	Empaquetado	4	735,20	6984,40	407,89	1396,80	1804,69	0,26
Cuartos Tecnicos	Cuarto de Transfo	5	32,30	135,66	7,92	108,53	116,45	0,86
	Cuarto de mantenimiento	6	54,50	228,90	13,37	91,56	104,93	0,46
	Cuarto Sprinkler	7	69,70	292,74	17,10	380,56	397,66	1,36
	Cuarto materias secas	8	105,40	442,68	25,85	354,14	380,00	0,86
Vestuarios	Vest+Baño+aseo	9	27,20	68,00	0,00	97,90	97,90	1,44
	Comedor	10	18,20	45,50	2,66	75,00	77,66	1,71
	Oficina_Reunion	11	24,50	61,25	3,58	25,00	28,58	0,47
	Circulacion + Entrada	12	28,17	70,43	4,11	0,00	4,11	0,06
	Oficina	13	24,00	60,00	3,50	25,00	28,50	0,48
	Local_sin_occup	14	24,00	60,00	3,50	0,00	3,50	0,06
	Cuarto redes VDI	15	7,07	21,21	1,24	0,00	1,24	0,06
CAUDAL AIRE FORZADO edificio 6m				Infiltraciones	Toma aire nuevo	Total aire nuevo		
			Superficie (m²)	Volumen (m³)	(m³/h)	(m²/h)	(m³/h)	(vol/h)
Volumenes mayores	Almacen 1	1	2050,00	19475,00	1137,34	4096,10	5233,44	0,27
	Almacen 2	2	4646,20	44138,90	2577,71	8827,78	11405,49	0,26
	Logistica	3	808,83	4852,98	283,41	970,60	1254,01	0,26
	Empaquetado	4	735,20	4411,20	257,61	882,24	1139,85	0,26
Cuartos Tecnicos	Cuarto de Transfo	5	32,30	135,66	7,92	108,53	116,45	0,86
	Cuarto de mantenimiento	6	54,50	228,90	13,37	91,56	104,93	0,46
	Cuarto Sprinkler	7	69,70	292,74	17,10	380,56	397,66	1,36
	Cuarto materias secas	8	105,40	442,68	25,85	354,14	380,00	0,86
Vestuarios	Vest+Baño+aseo	9	27,20	68,00	0,00	97,90	97,90	1,44
	Comedor	10	18,20	45,50	2,66	75,00	77,66	1,71
	Oficina_Reunion	11	24,50	61,25	3,58	25,00	28,58	0,47
	Circulacion + Entrada	12	28,17	70,43	4,11	0,00	4,11	0,06
	Oficina	13	24,00	60,00	3,50	25,00	28,50	0,48
	Local_sin_occup	14	24,00	60,00	3,50	0,00	3,50	0,06
	Cuarto redes VDI	15	7,07	21,21	1,24	0,00	1,24	0,06
INFILTRACIONES		Nbat	3					
n50		1,46	Considerando un edificio de 3 niveles de altura y cualidad media de las juntas					
e		0,02	Considerando un edificio con exposicion moderada al viento con pocos obstaculos alrededor					
ε		1	La zona considerada para los infiltraciones esta entre 0-10m encima del suelo					

ANEXO 4 | Aportes internos del edificio

Area	Pot/	ALm1	ALm2	Logis	Empa	Cuartos Tecnicos				Vestuarios						
ZONA	U (w)	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15
Superficie (m²)		2050	4646	808,8	735,2	32,3	54,5	69,7	105	27,2	18,2	24,5	28,2	24	24	7,07
Luz																
T26 2x36w/	72															
HIE 1x250w/	279		135	35	30											
HIT 1x35w/	38															
LED 5w/	5									8						
T16 2x54w/	118	30														
T26 2x58w/	107	90							9							
T26 4x18w/	78										3		3			
TC DEL 1x26w/	27												6			
TC DEL 2x18w/	38									4	4					
Total pot		13170	37665	9765	8370	0	0	0	963	192	152	234	162	234	0	0
Total pot/m²		6,4	8,1	12,1	11,4	0,0	0,0	0,0	9,1	7,1	8,4	9,6	5,8	9,8	0,0	0,0
24h/24h Aparatos y maquinas																
Nevera clasica	30										1					
Nevera Indus	60															
Nevera vino	15															
Congelador indus	30															
Servidor fibra optica	2000															1
Tranfo + embarrado	1000					1										
Total Pot		0	0	0	0	1000	0	0	0	0	30	0	0	0	0	2000
Total pot/m²		0	0	0	0	31	0	0	0	0	2	0	0	0	0	283
Total Pot Luz+apa						1000	0	0			182					2000
Total Pot Luz+apa/m²						31	0	0			10					283
Dia laboral 8h 10h / 13h 14h / 15h 16h 4,0 h																
Ordenador	160			1	1							1		2	1	
Prepa de pedidos 8m	691		1													
Prepa de pedidos 4m	182	1														
Carretilla elevadora	561	1	1	1												
Transpaletadora electrica	89				1											
Etiquetado 2k/w	200				1											
Cinta transportadora 4 * 0,3k/w	120				1											
Envolvedora 2*0,8k/w	160				1											
Total Pot		743	1252	721	729	0	0	0	0	0	0	160	0	320	160	0
Total pot/m²		0,4	0,3	0,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	13,3	6,7	0,0
Total Pot Luz+apa		13913	38917	10486	9099	0	0	0	963	192	152	394	162	554	160	0
Total Pot Luz+apa/m²		6,8	8,4	13,0	12,4	0,0	0,0	0,0	9,1	7,1	8,4	16,1	5,8	23,1	6,7	0,0
Dia laboral carga/descarga 10h 11h / 14h 15h 2,0 h																
Ordenador	160			1	1							1		2	1	
Prepa de pedidos 8m	691		1													
Prepa de pedidos 4m	182	1														
Carretilla elevadora	561			3												
Transpaletadora electrica	89			1												
Etiquetado 2k/w	200				1											
Cinta transportadora 4 * 0,3k/w	120				1											
Envolvedora 2*0,8k/w	160				1											
Total Pot		182	691	1932	640	0	0	0	0	0	0	160	0	320	160	0
Total pot/m²		0,1	0,1	2,4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	13,3	6,7	0,0
Total Pot Luz+apa		13352	38356	11697	9010	0	0	0	963	192	152	394	162	554	160	0
Total Pot Luz+apa/m²		6,5	8,3	14,5	12,3	0,0	0,0	0,0	9,1	7,1	8,4	16,1	5,8	23,1	6,7	0,0
Dia laboral pausa 50% 11h 12h 1,0 h																
Ordenador	160			1	1							1		2	1	
Prepa de pedidos 8m	691		1													
Prepa de pedidos 4m	182	1														
Carretilla elevadora	561		1													
Transpaletadora electrica	89				1											
Etiquetado 2k/w	200				1											
Cinta transportadora 4 * 0,3k/w	120				1											
Envolvedora 2*0,8k/w	160				1											
Total Pot		0	1252	160	729	0	0	0	0	0	0	160	0	320	160	0
Total pot/m²		0,0	0,3	0,2	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	13,3	6,7	0,0
Total Pot Luz+apa		13170	38917	9925	9099	0	0	0	963	192	152	394	162	554	160	0
Total Pot Luz+apa/m²		6,4	8,4	12,3	12,4	0,0	0,0	0,0	9,1	7,1	8,4	16,1	5,8	23,1	6,7	0,0
Dia laboral pausa 50% 12h 13h 1,0 h																
Ordenador	160			1	1							1		2	1	
Prepa de pedidos 8m	691															
Prepa de pedidos 4m	182	1														
Carretilla elevadora	561	1														
Transpaletadora electrica	89				1											
Etiquetado 2k/w	200				1											
Cinta transportadora 4 * 0,3k/w	120				1											
Envolvedora 2*0,8k/w	160				1											
Total Pot		743	0	160	729	0	0	0	0	0	0	160	0	320	160	0
Total pot/m²		0,4	0,0	0,2	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	13,3	6,7	0,0
Total Pot Luz+apa		13913	37665	9925	9099	0	0	0	963	192	152	394	162	554	160	0
Total Pot Luz+apa/m²		6,8	8,1	12,3	12,4	0,0	0,0	0,0	9,1	7,1	8,4	16,1	5,8	23,1	6,7	0,0
Noche/12h 12,0 h																
Cargador bateria (Cargando)	900				1											
Cargador bateria(Cargando)	306				2											
Cargador bateria (Cargando)	540				3											
Total Pot		0	0	0	3132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total pot/m²		0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

ANEXO 5 | Escenarios de calefacción / refrigeración con PLEIADES

Configuración anual de calefacción: Zonas 1, 2, 3,4

Configuraciones anuales

Nº	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	Nº	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	Nº	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C
1	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C Enero a7 Enero	14	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 2 Abril a8 Abril	27	40 1 Octubre a7 Octubre
2	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 8 Enero a14 Enero	15	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 9 Abril a15 Abril	28	41 8 Octubre a14 Octubre
3	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 15 Enero a21 Enero	16	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 16 Abril a22 Abril	29	42 Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 15 Octubre a21 Octubre
4	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 22 Enero a28 Enero	17	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 23 Abril a29 Abril	30	43 Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 22 Octubre a28 Octubre
5	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 29 Enero a4 Febrero	18	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 30 Abril a6 Mayo	31	44 Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 29 Octubre a4 Noviembre
6	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 5 Febrero a11 Febrero	19	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 7 Mayo a13 Mayo	32	45 Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 5 Noviembre a11 Noviembre
7	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 12 Febrero a18 Febrero	20	20 14 Mayo a20 Mayo	33	46 Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 12 Noviembre a18 Noviembre
8	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 19 Febrero a25 Febrero	21	21 21 Mayo a27 Mayo	34	47 Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 19 Noviembre a25 Noviembre
9	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 26 Febrero a4 Marzo	22	22 28 Mayo a3 Junio	35	48 Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 26 Noviembre a2 Diciembre
10	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 5 Marzo a11 Marzo	23	23 4 Junio a10 Junio	36	49 Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 3 Diciembre a9 Diciembre
11	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 12 Marzo a18 Marzo	24	24 11 Junio a17 Junio	37	50 Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 10 Diciembre a16 Diciembre
12	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 19 Marzo a25 Marzo	25	25 18 Junio a24 Junio	38	51 Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 17 Diciembre a23 Diciembre
13	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 26 Marzo a1 Abril	26	26 25 Junio a1 Julio	39	52 Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C 24 Diciembre a30 Diciembre
				24 Septiembre a30 Septiembre	

Nuevo **A proyecto** **Guardar**

Configuración anual de refrigeración: Zonas 1, 2, 3,4

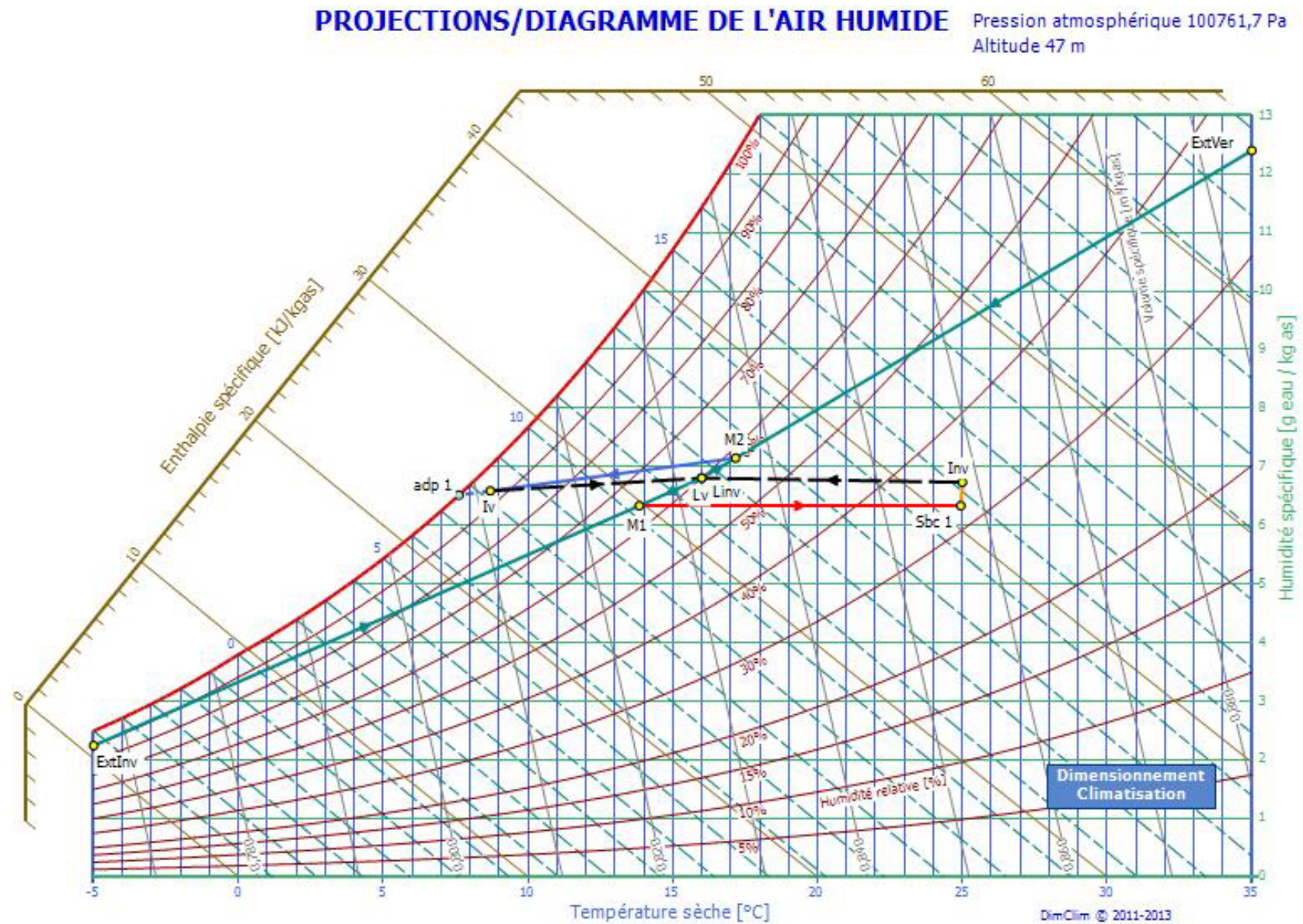
Materiales		Elementos		Composiciones		Composiciones múltiples		Carpintería	Configuración semanal	Configuraciones anuales	Acabados
1	1 Enero a7 Enero	14	2 Abril a8 Abril	27	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	40	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C				
2	8 Enero a14 Enero	15	9 Abril a15 Abril	28	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	41	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C				
3	15 Enero a21 Enero	16	16 Abril a22 Abril	29	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	42					
4	22 Enero a28 Enero	17	23 Abril a29 Abril	30	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	43					
5	29 Enero a4 Febrero	18	30 Abril a6 Mayo	31	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	44					
6	5 Febrero a11 Febrero	19	7 Mayo a13 Mayo	32	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	45					
7	12 Febrero a18 Febrero	20	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	33	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	46					
8	19 Febrero a25 Febrero	21	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	34	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	47					
9	26 Febrero a4 Marzo	22	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	35	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	48					
10	5 Marzo a11 Marzo	23	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	36	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	49					
11	12 Marzo a18 Marzo	24	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	37	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	50					
12	19 Marzo a25 Marzo	25	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	38	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	51					
13	26 Marzo a1 Abril	26	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	39	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	52					
		27	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C	40	Z1_Z2_Z3_Z4_Temp_const_16°C						

ANEXO 6-1 | Cargas térmicas de la zonas 1 a 4

BALANCE 9,5m				INVIERNO			VERANO		
		Superficie (m ²)	Volumen (m ³)	Carga sens (W)	carga lat (W)	Carga tot (W)	Carga sens (W)	carga lat (W)	Carga tot (W)
Almacen 1	1	2050,00	19475,00	-134568	2410	-132158	154260	10691	164951
Almacen 2	2	4646,20	44138,90	-276972	5322	-271650	318310	24091	342401
Logistica	3	808,83	7683,89	-63967	1127	-67398	69647	4395	80246
Empaquetado	4	735,20	6984,40	-62124	1265	-60859	65522	4235	69757
Camion 1	20	13,07	39,07	-619	5	-614	777	21	798
Camion 2	21	33,35	102,71	-1326	12	-1314	1745	56	1801
Camion 3	22	33,35	102,71	-1326	12	-1314	1742	56	1798
Camion 4	23	33,35	102,71	-1328	12	-1316	1752	56	1808
						-4558	6205		

BALANCE 6m				INVIERNO			VERANO		
		Superficie (m ²)	Volumen (m ³)	Carga sens (W)	carga lat (W)	Carga tot (W)	Carga sens (W)	Carga lat (W)	Carga tot (W)
Logistica	3	808,83	4852,98	-44162	793	-47938	47049	2857	56126
Empaquetado	4	735,00	4410,00	-42859	961	-41898	44001	2836	53828
Camion 1	20	13,07	39,07	-621	5	-616	782	21	803
Camion 2	21	33,35	102,71	-1331	12	-1319	1749	56	1805
Camion 3	22	33,35	102,71	-1331	12	-1319	1749	56	1805
Camion 4	23	33,35	102,71	-1327	12	-1315	1752	56	1808
						-4569	6221		

ANEXO 6-2 | Dimensionado de UTA: diagrama psicrométrico
Ejemplo Zona 1_ Almacen1



ANEXO 6-3 | Dimensionado de UTA: puntos teóricos edificio 9,5m

Puntos teóricos del ciclo del aire (refrigeración)											
Z1 : Almacen1		Volumen		19475 m³							
Descripción del punto	Texto	θ (°C)	Hr (%)	θ _{resc} (°C)	θ _{hum} (°C)	ω _i (g/Kg _{da})	h (kJ/Kg _{da})	v (m³/Kg _{da})	qm (Kg _{da} /s)	qv (m³/h)	τ (Vol / h)
Exterior Verano	ExtVer	35	35	17,2569	22,7514	12,4005	66,7278	0,895336	1,270814	4096,1	0,2
Local verano	Lv	16	60	8,2477	11,685	6,8082	33,166	0,832725	20,826135	62432,768	3,206
Mezcla verano	M2	17,1712	58,4524	8,9615	12,5099	7,1495	35,2139	0,836545	20,826135	62719,21	3,220
Salida bateria fria / impulsión	Iv	8,7	93,8911	7,7723	8,211	6,5892	25,2194	0,811419	20,826135	60835,362	3,124
Z2 : Almacen2		Volumen		44138,90 m³							
Descripción del punto	Texto	θ (°C)	Hr (%)	θ _{resc} (°C)	θ _{hum} (°C)	ω _i (g/Kg _{da})	h (kJ/Kg _{da})	v (m³/Kg _{da})	qm (Kg _{da} /s)	qv (m³/h)	τ (Vol / h)
Exterior Verano	ExtVer	35	35	17,2569	22,7514	12,4005	66,7278	0,895336	2,738817	8827,78	0,2
Local verano	Lv	16	60	8,2477	11,685	6,8082	33,166	0,832725	42,971805	128821,251	2,919
Mezcla verano	M2	17,2232	58,3823	8,9926	12,546	7,1646	35,3051	0,836715	42,971805	129438,582	2,933
Salida bateria fria / impulsión	Iv	8,7	93,7706	7,7535	8,2013	6,5806	25,198	0,811407	42,971805	125523,52	2,844
Z3 : Logística		Volumen		7683,885 m³							
Descripción del punto	Texto	θ (°C)	Hr (%)	θ _{resc} (°C)	θ _{hum} (°C)	ω _i (g/Kg _{da})	h (kJ/Kg _{da})	v (m³/Kg _{da})	qm (Kg _{da} /s)	qv (m³/h)	τ (Vol / h)
Exterior Verano	ExtVer	35	35	17,2569	22,7514	12,4005	66,7278	0,895336	0,476786	1536,78	0,2
Local verano	Lv	16	60	8,2477	11,685	6,8082	33,166	0,832725	9,812161	29414,982	3,828
Mezcla verano	M2	16,9327	58,7719	8,8186	12,3438	7,08	34,7968	0,835767	9,812161	29522,45	3,842
Salida bateria fria / impulsión	Iv	8,7	94,4163	7,8542	8,2534	6,6264	25,3128	0,811467	9,812161	28664,068	3,730
Z4 : Empaquetado		Volumen		6984,40 m³							
Descripción del punto	Texto	θ (°C)	Hr (%)	θ _{resc} (°C)	θ _{hum} (°C)	ω _i (g/Kg _{da})	h (kJ/Kg _{da})	v (m³/Kg _{da})	qm (Kg _{da} /s)	qv (m³/h)	τ (Vol / h)
Exterior Verano	ExtVer	35	35	17,2569	22,7514	12,4005	66,7278	0,895336	0,433382	1396,88	0,2
Local verano	Lv	16	60	8,2477	11,685	6,8082	33,166	0,832725	8,847209	26522,241	3,797
Mezcla verano	M2	16,9403	58,7618	8,8232	12,3491	7,0822	34,81	0,835792	8,847209	26619,926	3,811
Salida bateria fria / impulsión	Iv	8,7	94,2403	7,8268	8,2392	6,6139	25,2815	0,81145	8,847209	25844,661	3,700

ANEXO 6-4 | Dimensionado de UTA: puntos teóricos edificio 6m

Z3 : Logística		Volumen 4852,8 m³									
Descripcion del punto	Texto	θ_i (°C)	Hr (%)	θ_{resc} (°C)	θ_{hum} (°C)	ω_i (g/Kg _{da})	h (kJ/Kg _{da})	v (m³/Kg _{da})	q_m (Kg _{da} /s)	q_v (m³/h)	τ (Vol / h)
Exterior Verano	ExtVer	35	35	17,2569	22,7514	12,4005	66,7278	0,895336	0,300942	970	0,2
Local verano	Lv	16	60	8,2477	11,685	6,8082	33,166	0,832725	6,894038	20667,007	4,259
Mezcla verano	M2	16,838	58,8983	8,7615	12,2776	7,0523	34,6311	0,835458	6,894038	20734,84	4,273
Salida bateria fria / impulsión	lv	8,7	94,6083	7,884	8,2688	6,64	25,3469	0,811484	6,894038	20139,851	4,150
Z4 : Empaquetado		Volumen 4411,20 m³									
Descripcion del punto	Texto	θ_i (°C)	Hr (%)	θ_{resc} (°C)	θ_{hum} (°C)	ω_i (g/Kg _{da})	h (kJ/Kg _{da})	v (m³/Kg _{da})	q_m (Kg _{da} /s)	q_v (m³/h)	τ (Vol / h)
Exterior Verano	ExtVer	35	35	17,2569	22,7514	12,4005	66,7278	0,895336	0,27364	882	0,2
Local verano	Lv	16	60	8,2477	11,685	6,8082	33,166	0,832725	5,941323	17810,95	4,037
Mezcla verano	M2	16,8841	58,8368	8,7893	12,3099	7,0658	34,7118	0,835608	5,941323	17872,629	4,052
Salida bateria fria / impulsión	lv	8,7	94,2483	7,828	8,2398	6,6145	25,2829	0,811451	5,941323	17355,938	3,934

ANEXO 7-1 | Especificaciones de eficiencia de las UTA ETT CH RR HPE +

Hoja técnica ETT

	Serie	79	99	129
Caudal de aire nominal	m³/h	16000	21000	24000
Circuito frigorífico				
Nb de circuitos x tipo de compresor	num x tipo	1 scroll + 1 scroll	1 scroll + 1 scroll	1 scroll + 2 scroll
Expansión	num x tipo	2 TXV	2 TXV	2 TXV
Carga en refrigerante	kg	10,5+10,5	10,5+10,6	15,8+16
Baterías				
Batería interior : superficie/num rango/aletas por pulgada	m²/nb/FPI	2,4 / 4 / 14	2,4 / 4 / 14	2,8 / 4 / 14
Batería exterior: superficie/num rango/aletas por pulgada	m²/nb/FPI	4,4 / 3 / 16	4,4 / 3 / 16	6,8 / 3 / 16
Datos de impulsión de aire				
Caudal de aire nominal	m³/h	16000	21000	24000
Caudal de aire máximo	m³/h	22000	22000	33000
Caudal de aire mínimo	m³/h	12000	17000	22000
Presión estática disponible/máxima	Pa	150 / 600	150 / 600	150 / 600

		79	99	129
CLIM	PLENA CARGA (100 %)	45% + 55%	40% + 60%	33% + (33% + 33%)
	Potencia refrigeración [kW]	84,4	103	128,2
	Potencia eléctrica [kW]	29,6	39,3	47,3
	EER	2,8	2,6	2,7
	CARGA PARCIAL 1	55%	60%	33% + (33%)
	Potencia refrigeración [kW]	48,4	65,5	89,1
	Potencia eléctrica [kW]	15,4	20,8	24,7
	EER	3,1	3,1	3,6
	α	0,15	0,27	0,66
	β	0,04	0,06	0,19
	CARGA PARCIAL 2 (*)	x	x	33%
	Potencia refrigeración bruta [kW]	-	-	51,3
	Potencia eléctrica [kW]	-	-	16,0
	COP bruto	-	-	3,2
	α	-	-	-0,17
	β	-	-	-0,32
PAC	PLENA CARGA (100 %)	45% + 55%	40% + 60%	33% + (33% + 33%)
	Potencia calefacción [kW]	60,2	70,5	88,9
	Potencia eléctrica [kW]	21,4	25,6	30,2
	COP	2,8	2,7	2,9
	CARGA PARCIAL 1	55%	60%	33% + (33%)
	Potencia calefacción [kW]	46,4	61,8	86,4
	Potencia eléctrica [kW]	15,7	20,1	24,7
	COP	3,0	3,1	3,5
	α	0,12	0,20	0,50
	β	0,19	0,20	0,31
	CARGA PARCIAL 2	x	x	33%
	Potencia calefacción [kW]	-	-	48,9
	Potencia eléctrica [kW]	-	-	15,3
	COP	-	-	3,2
	α	-	-	-0,22
	β	-	-	-0,25

Los coeficientes de eficiencia COP/EER toman en cuenta los ventiladores exteriores (helicoidales) y interiores (plug fan) en régimen nominal.

Datos a plena carga: Clim : temperatura exterior/humedad relativa 35°C / 47% HR

PAC : temperatura exterior/humedad relativa -7°C / 73% HR

Datos a carga parcial: Clim : temperatura exterior/humedad relativa 27°C/ 47% HR

PAC : temperatura exterior/humedad relativa +7°C/ 87% HR

ANEXO 7-2 | Especificaciones técnicas de las UTA ETT CH RR HPE +

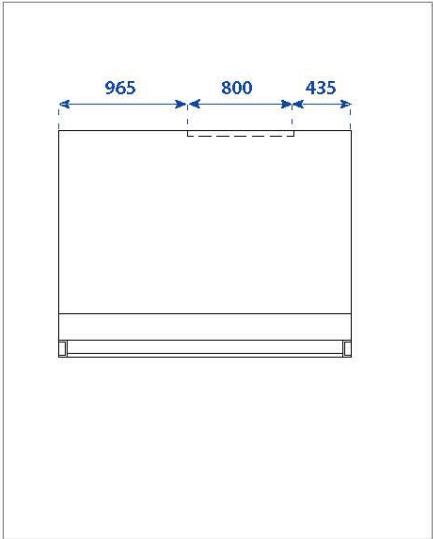
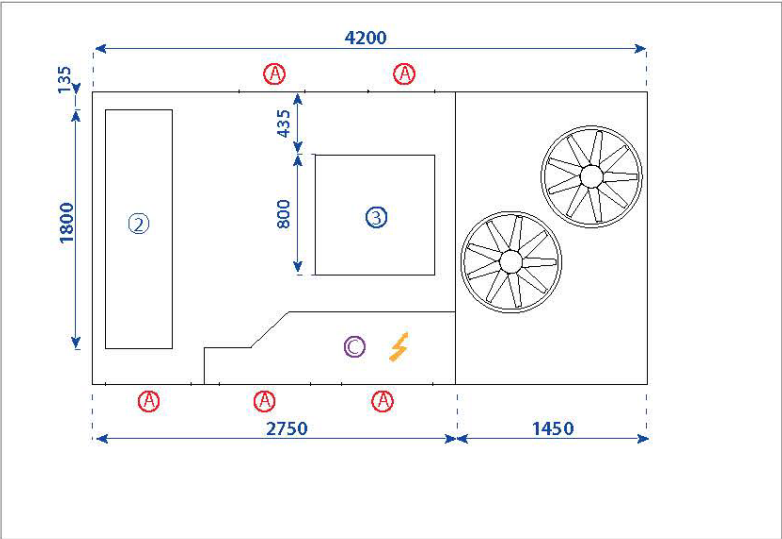
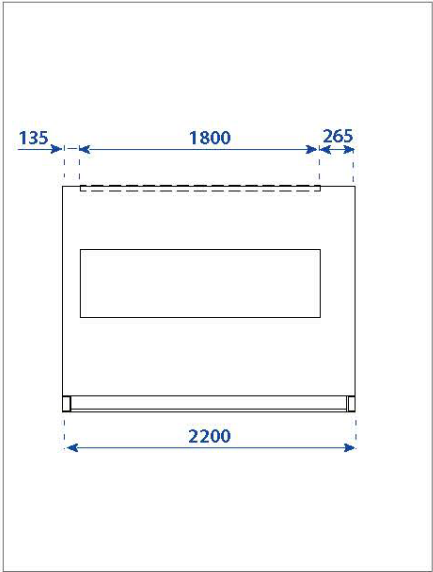
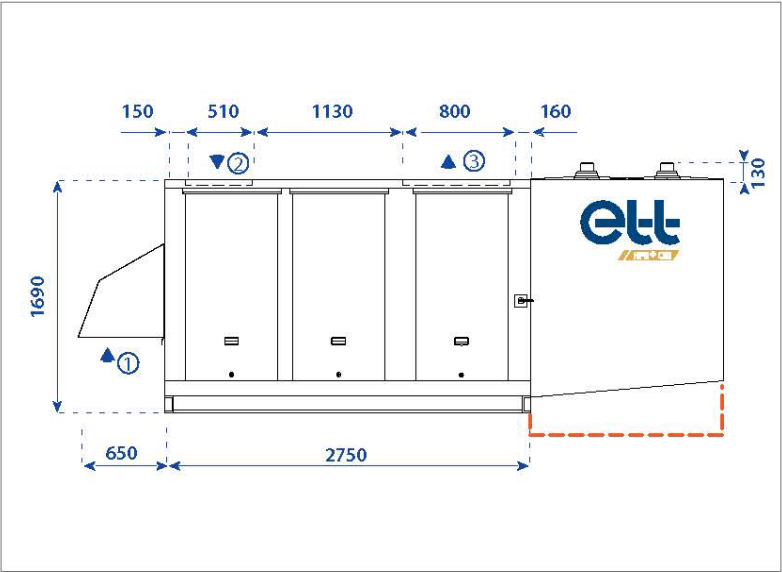
Hoja técnica ETT	Serie	79	99	129
	m³/h	16000	21000	24000
Ventilador interior (plug Fan EC)				
Cantidad x tipo de turbina	type	2 x K3G	2 x K3G	2 x K3G
Potencia absorbida (régimen nominal)	kW	2 x 1,5	2 x 2,3	2 x 2,6
Velocidad de giro (Slow/High)	RPM	859 / 895	949 / 980	1022 / 1050
Ventilador exterior (helicoidal)				
Cantidad	nb	2	2	2
Caudal de aire nominal	m³/h	2 x 16800	2 x 16800	3 x 16800
Puissance motor	kW	1,8	1,8	2,6
Velocidad de giro	RPM	900	900	950
Filtro (estándar)				
Tipo	Eurovent	80-85% / G4	80-85% / G4	80-85% / G4
Cantidad de filtros	nb	6	6	6
Tamaño	mm x mm	595 x 595 x 98	595 x 595 x 98	595 x 595 x 98
Dimensiones				
Longitud	mm	4200	4200	3348
Altura	mm	1690	1690	2130
Anchura	mm	2200	2200	2200
Peso estándar	kg	1225	1275	1781
Datos acústicos a 150 Pa				
Potencia acústica ext. Estándar	dB(A)	87	88	87
Potencia acústica nivel bajo	dB(A)	82	82	82
Potencia acústica ventilador interior	dB(A)	76	78	80

ANEXO 7-3 | Datos de consumo de los ventiladores Plug fan

ETT CH 69-99				Caudal (m³/h)	150		200		250		300		350		400		450		500		550		600	
	69	79	99		KIT	P	KIT	P	KIT	P	KIT	P	KIT	P	KIT	P	KIT	P	KIT	P	KIT	P	KIT	P
				12000	LP	1,6	LP	2,1	LP	2,6	LP	3,1	LP	3,6	LP	4,1	LP	4,6	LP	5,1	LP	5,6	HP	6,0
				13000	LP	1,8	LP	2,3	LP	2,8	LP	3,2	LP	3,7	LP	4,2	LP	4,7	LP	5,2	LP	5,7	HP	6,2
				14000	LP	1,9	LP	2,4	LP	2,9	LP	3,4	LP	3,9	LP	4,4	LP	4,9	LP	5,3	HP	5,8	HP	6,3
				15000	LP	2,1	LP	2,6	LP	3,1	LP	3,6	LP	4,0	LP	4,5	LP	5,0	LP	5,5	HP	6,0	HP	6,5
				16000	LP	2,2	LP	2,7	LP	3,2	LP	3,7	LP	4,2	LP	4,7	LP	5,2	LP	5,7	HP	6,2	HP	6,7
				17000	LP	2,4	LP	2,9	LP	3,4	LP	3,9	LP	4,4	LP	4,9	LP	5,4	HP	5,9	HP	6,4	HP	6,8
				18000	LP	2,6	LP	3,1	LP	3,6	LP	4,1	LP	4,6	LP	5,1	LP	5,6	HP	6,1	HP	6,6	HP	7,1
				19000	LP	2,9	LP	3,4	LP	3,9	LP	4,4	LP	4,9	LP	5,4	HP	5,8	HP	6,3	HP	6,8	HP	7,3
				20000	LP	3,1	LP	3,6	LP	4,1	LP	4,6	LP	5,1	LP	5,6	HP	6,1	HP	6,6	HP	7,1	HP	7,5
				21000	LP	3,4	LP	3,9	LP	4,4	LP	4,9	LP	5,4	HP	5,9	HP	6,4	HP	6,8	HP	7,3	HP	7,8
				22000	LP	3,7	LP	4,2	LP	4,7	LP	5,2	LP	5,7	HP	6,2	HP	6,6	HP	7,1	HP	7,6	HP	8,1
				23000	LP	4,0	LP	4,5	LP	5,0	LP	5,5	HP	6,0	HP	6,5	HP	6,9	HP	7,4	HP	7,9	Pas de kit	

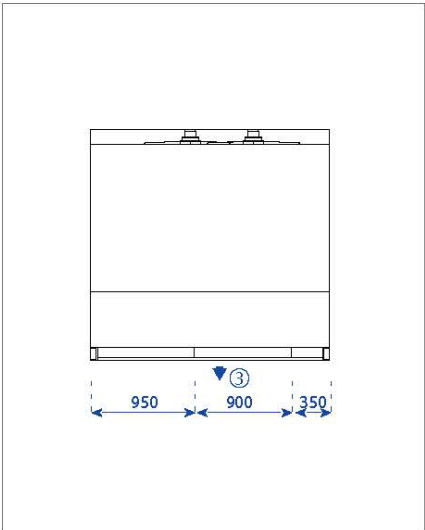
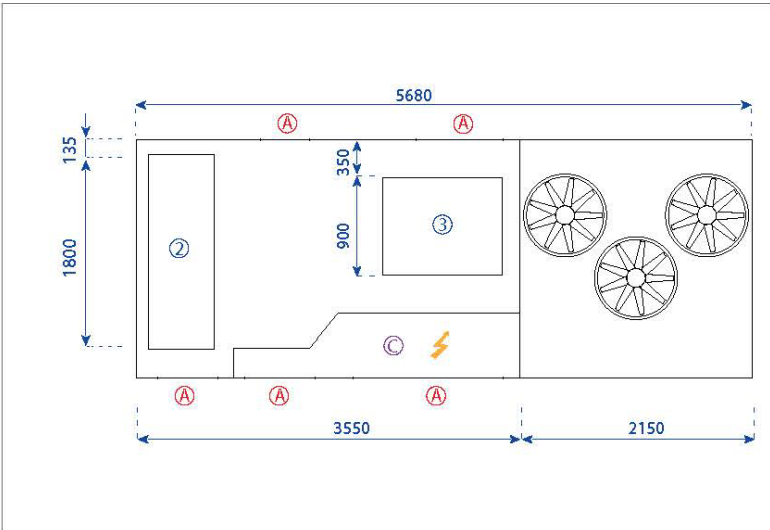
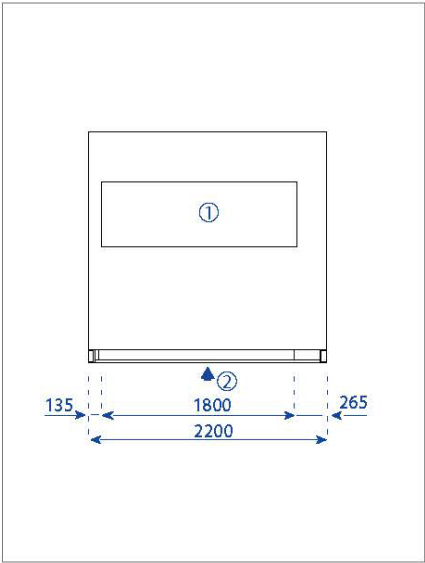
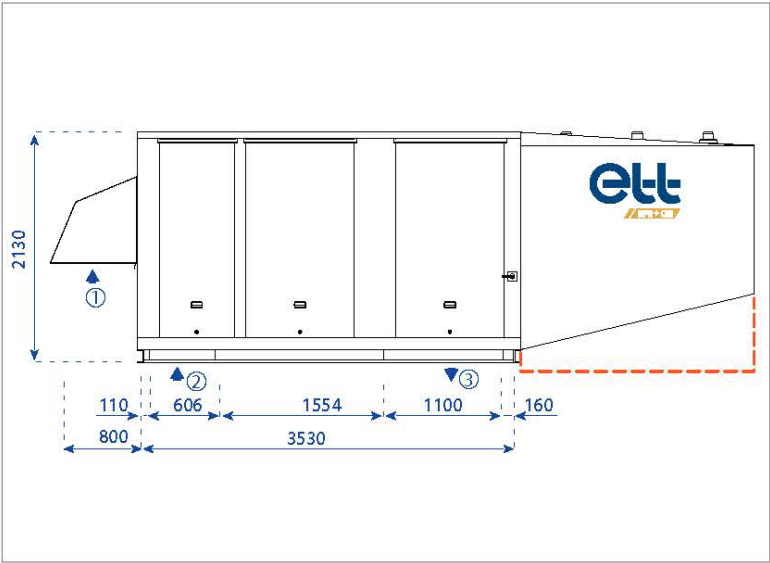
ETT CH 109-129				Caudal (m³/h)	150		200		250		300		350		400		450		500		550		600	
	109	129			KIT	P	KIT	P	KIT	P	KIT	P	KIT	P	KIT	P	KIT	P	KIT	P	KIT	P	KIT	P
				18000	LP	2,4	LP	3,2	LP	3,9	LP	4,7	LP	5,4	LP	6,2	LP	6,9	LP	7,6	LP	8,3	HP	9,1
				19000	LP	2,6	LP	3,3	LP	4,1	LP	4,8	LP	5,5	LP	6,3	LP	7,0	LP	7,7	LP	8,5	HP	9,2
				20000	LP	2,7	LP	3,4	LP	4,2	LP	4,9	LP	5,7	LP	6,4	LP	7,1	LP	7,9	LP	8,6	HP	9,3
				21000	LP	2,8	LP	3,6	LP	4,3	LP	5,1	LP	5,8	LP	6,6	LP	7,3	LP	8,0	HP	8,7	HP	9,5
				22000	LP	3,0	LP	3,8	LP	4,5	LP	5,2	LP	6,0	LP	6,7	LP	7,4	LP	8,2	HP	8,9	HP	9,6
				23000	LP	3,2	LP	3,9	LP	4,7	LP	5,4	LP	6,2	LP	6,9	LP	7,6	LP	8,3	HP	9,1	HP	9,8
				24000	LP	3,3	LP	4,1	LP	4,8	LP	5,6	LP	6,3	LP	7,1	LP	7,8	LP	8,5	HP	9,3	HP	10,0
				25000	LP	3,5	LP	4,3	LP	5,0	LP	5,8	LP	6,5	LP	7,3	LP	8,0	HP	8,7	HP	9,4	HP	10,2
				26000	LP	3,7	LP	4,5	LP	5,2	LP	6,0	LP	6,7	LP	7,5	LP	8,2	HP	8,9	HP	9,6	HP	10,4
				27000	LP	4,0	LP	4,7	LP	5,5	LP	6,2	LP	6,9	LP	7,7	LP	8,4	HP	9,1	HP	9,9	HP	10,6
				28000	LP	4,2	LP	4,9	LP	5,7	LP	6,4	LP	7,2	LP	7,9	LP	8,6	HP	9,4	HP	10,1	HP	10,8
				29000	LP	4,4	LP	5,2	LP	5,9	LP	6,7	LP	7,4	LP	8,2	HP	8,9	HP	9,6	HP	10,3	HP	11,1
				30000	LP	4,7	LP	5,4	LP	6,2	LP	6,9	LP	7,7	LP	8,4	HP	9,1	HP	9,9	HP	10,6	HP	11,3
				31000	LP	5,0	LP	5,7	LP	6,5	LP	7,2	LP	7,9	LP	8,7	HP	9,4	HP	10,1	HP	10,9	HP	11,6
				32000	LP	5,2	LP	6,0	LP	6,7	LP	7,5	LP	8,2	HP	8,9	HP	9,7	HP	10,4	HP	11,1	HP	11,8
				33000	LP	5,5	LP	6,3	LP	7,0	LP	7,8	LP	8,5	HP	9,2	HP	10,0	HP	10,7	HP	11,4	HP	12,1

ANEXO 7-4 | Dimensiones de las maquinas serie 79 / 99



- ① Air Nuevo
- ② Retorno
- ③ Impulso
- Ⓐ Acceso
- ⚡ Alimentación eléctrica
-

ANEXO 7-5 | Dimensiones de las maquinas serie 129



- ① Aire Nuevo
- ② Retorno
- ③ Impulso
- Ⓐ Acceso
- ⚡ Alimentación eléctrica
-

ANEXO 8-1 | Dimensionado red de conductos / Almacen1 / edificio 9,5m

Propiedades aire										Rugosidad	λ							
T 282,0 K										acero	0,1							
ρ 1,2 Kg/m³										polyester	0,9							
μ 1,83E-05 kg.m-1.s-1																		
										ΔPsing								
Tramo	Caudal	Caudal	Rect	circular	Rect	Circular		Veloc	Veloc	Δplin	Elemento	Nb	Coef ξ	Δsing ξ·ρ·V _{esc} ²/2	Δp perdidas	Δp entrada conducto	P _{stat} conducto difusion	Δp _{stat} red + difusion
	(m³/h)	(m³/h/m)	Long tramo rect	Long tramo circular	Diam equiv	Diam		Rectang	Circular	J·L								
			(m)	(m)	(mm)	(mm)		(m/s)	(m/s)	(Pa)				(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)
ZONA 1-1																		
TRAMO PRINCIPAL																		
A	21000,0	11602,2	1,8	0,0	787,5	0,0		9,3	0,0	1,6	Codo 90°	1,0	1,3	68,0	69,6			
B	21000,0	23333,3	0,9	0,0	787,5	0,0		9,3	0,0	0,9	1_distrib_90°	1,0	0,1	6,3	7,2			
C	16800,0	8842,1	1,9	0,0	787,5	0,0		7,4	0,0	1,1	Cono cambio rect/circular	1,0	0,0	1,3	2,5			
C	16800,0	2400,0	0,0	7,0	0,0	900,0		0,0	7,3	5,1	1_distrib_90°_reduc conica	1,0	0,1	4,6	9,7			
D	12600,0	1800,0	0,0	7,0	0,0	800,0		0,0	7,0	5,3	1_distrib_90°_con reduccion conica	1,0	0,1	4,2	9,5			
E	8400,0	1200,0	0,0	7,0	0,0	630,0		0,0	7,5	8,3	1_distrib_90°_con reduccion conica	1,0	0,1	4,8	13,1			
E	4200,0	600,0	0,0	7,0	0,0	450,0		0,0	7,3	12,1	f	1,0	0,0	0,0	12,1			
1 TRAMO derivado																		
A-B1	4200,0	280,0	0,0	15,0	0,0	450,0		0,0	7,3	25,9	distrib_90°_entrada_conica	1,0	1,4	71,7	97,6	167,3	73,0	240,3
A-C2	4200,0	280,0	0,0	15,0	0,0	450,0		0,0	7,3	25,9	distrib_90°_con reduccion conica	1,0	1,4	44,7	70,6	149,9	73,0	222,9
A-D3	4200,0	280,0	0,0	15,0	0,0	450,0		0,0	7,3	25,9	distrib_90°_con reduccion conica	1,0	1,0	31,0	56,9	145,9	73,0	218,9
A-E4	4200,0	280,0	0,0	15,0	0,0	450,0		0,0	7,3	25,9	distrib_90°_con reduccion conica	1,0	1,3	44,1	70,0	168,5	73,0	241,5
A-E5	4200,0	280,0	0,0	15,0	0,0	450,0		0,0	7,3	25,9	codo_90°_3_partes	1,0	0,5	17,9	43,8	167,4	73,0	240,4
ZONA 1-2																		
TRAMO PRINCIPAL																		
A	21000,0	11602,2	1,8	0,0	787,5	0,0		9,3	0,0	1,6	Codo 90°	1,0	1,3	68,0	69,6			
B	21000,0	23333,3	0,9	0,0	787,5	0,0		9,3	0,0	0,9	1_distrib_90°	1,0	0,1	6,3	7,2			
C	16800,0	8842,1	1,9	0,0	787,5	0,0		7,4	0,0	1,1	Cono cambio rect/circular	1,0	0,0	1,3	2,5			
C	16800,0	5600,0	0,0	3,0	0,0	900,0		0,0	7,3	2,2	1_distrib_90°_reduc conica	1,0	0,1	4,6	6,8			
D	12600,0	2800,0	0,0	4,5	0,0	800,0		0,0	7,0	3,4	1_distrib_90°_con reduccion conica	1,0	0,1	4,2	7,6			
E	8400,0	1887,6	0,0	4,5	0,0	630,0		0,0	7,5	5,3	1_distrib_90°_con reduccion conica	1,0	0,1	4,8	10,1			
E	4200,0	600,0	0,0	7,0	0,0	450,0		0,0	7,3	12,1	f	1,0	0,0	0,0	12,1			
1 TRAMO derivado																		
A-B1	4200,0	200,0	0,0	21,0	0,0	450,0		0,0	7,3	36,3	distrib_90°_entrada_conica	1,0	1,4	71,7	108,0	177,6	100,0	277,6
A-C2	4200,0	200,0	0,0	21,0	0,0	450,0		0,0	7,3	36,3	distrib_90°_con reduccion conica	1,0	1,4	44,7	80,9	160,2	100,0	260,2
A-D3	4200,0	200,0	0,0	21,0	0,0	450,0		0,0	7,3	36,3	distrib_90°_con reduccion conica	1,0	1,0	31,0	67,3	161,0	100,0	261,0
A-E4	4200,0	200,0	0,0	21,0	0,0	450,0		0,0	7,3	36,3	distrib_90°_con reduccion conica	1,0	1,3	44,1	80,4	184,2	100,0	284,2
A-E5	4200,0	200,0	0,0	21,0	0,0	450,0		0,0	7,3	36,3	codo_90°_3_partes	1,0	0,5	17,9	54,1	170,0	100,0	270,0
ZONA 1-3																		
A	20200,0	11160,2	1,8	0,0	787,5	0,0		8,9	0,0	1,5	Codo 90°	1,0	1,1	54,2	55,7			
B	20200,0	22444,4	0,9	0,0	787,5	0,0		8,9	0,0	0,8	1_distrib_90°	1,0	0,1	5,9	6,7			
C	14600,0	7684,2	1,9	0,0	787,5	0,0		6,4	0,0	0,8	Cono cambio rect/circular	1,0	0,0	1,0	1,9			
C	14600,0	4866,7	0,0	3,0	0,0	900,0		0,0	6,4	1,7	2_codo_90°_4partes	2,0	0,5	24,0	25,7			
D	9400,0	2088,9	0,0	4,5	0,0	710,0		0,0	6,6	3,6	1_distrib_90°_con reduccion conica	1,0	0,1	3,7	7,3			
E	4200,0	943,8	0,0	4,5	0,0	450,0		0,0	7,3	7,7	f	1,0	0,1	4,6	12,3			
1 TRAMO derivado																		
A-B1	5600,0	243,5	0,0	23,0	0,0	500,0		0,0	7,9	40,6	distrib_90°_entrada_conica	1,0	1,5	73,2	113,7	169,4	85,0	254,4
A-D2	5200,0	247,6	0,0	21,0	0,0	500,0		0,0	7,4	31,9	distrib_90°_con reduccion conica	1,0	1,1	26,5	58,4	148,2	85,0	233,2
A-D3	5200,0	247,6	0,0	21,0	0,0	500,0		0,0	7,4	31,9	distrib_90°_con reduccion conica	1,0	1,1	28,9	60,8	170,3	85,0	255,3
A-E4	4200,0	200,0	0,0	21,0	0,0	450,0		0,0	7,3	36,3	codo_90°_3_partes	1,0	0,5	17,9	54,1	163,6	100,0	263,6

ANEXO 8-2 | Dimensionado red de conductos / Almacén2, Logística y empaquetado / edificio 9,5m

Propiedades aire										Rugosidad		λ							
T 282,0 K										acero		0,1							
ρ 1,2 Kg/m ³										polyester		0,9							
μ 1,83E-05 kg.m-1.s-1																			
										Rect		circular		Rect		Circular		ΔP_{sing}	
Tramo	Caudal	Caudal	Long	Long	Diam	Diam	Veloc	Veloc	Δp_{lin}	Elemento	Nb	Coef	Δp_{sing}	Δp	Δp	P_{stat}	Δp_{tot}		
		por	tramo	tramo	equiv				JxL			ξ	$\xi \times \rho \times V_{ent}^2 / 2$	perdidas	entrada	conducto	red +		
	(m ³ /h)	metro	rect	circular			Rectang	Circular	(Pa)				(Pa)	(Pa)	(Pa)	difusion	difusion		
		(m ³ /h/m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m/s)								(Pa)	(Pa)		

ZONA 2

TRAMO Principal

A	25000,0	8474,6	3,0	0,0	990,0	0,0	7,0	0,0	1,2	Codo 90°	1,0	1,1	33,9	35,1			
B	25000,0	17241,4	1,5	0,0	990,0	0,0	7,0	0,0	0,6	2_distrib_90°	1,0	0,1	4,2	4,8			
C	16666,7	15151,5	1,1	0,0	990,0	0,0	4,7	0,0	0,2	Cono cambio rect/circular	1,0	0,0	0,5	0,8			
C	16666,7	7092,2	0,0	2,4	0,0	900,0	0,0	7,3	1,7	2_distrib_90°_con reduc conic	1,0	0,1	4,6	6,3			
D	8333,3	1893,9	0,0	4,4	0,0	710,0	0,0	5,8	2,7	f	0,0	0,0	0,0	2,7			

1 TAMO Paralelo

A-B1	4166,7	138,9	0,0	30,0	0,0	450,0	0,0	7,3	51,0	distrib_90°	1,0	2,1	63,9	114,8	149,9	83,0	232,9
A-C2	4166,7	138,9	0,0	30,0	0,0	450,0	0,0	7,3	51,0	distrib_90°_con reduc conica	1,0	1,7	53,7	104,7	145,4	83,0	228,4
A-D3	4166,7	138,9	0,0	30,0	0,0	450,0	0,0	7,3	51,0	distrib_T_90°	1,0	3,1	66,0	117,0	166,6	83,0	249,6

ZONA3

TRAMO PRINCIPAL

A	29000,0	16022,1	1,8	0,0	990,0	0,0	8,1	0,0	1,0	Codo 90°	1,0	1,1	45,2	46,2			
B	29000,0	32222,2	0,9	0,0	990,0	0,0	8,1	0,0	0,5	1_distrib_90°	1,0	0,1	4,9	5,4			
C	29000,0	15263,2	1,9	0,0	990,0	0,0	8,1	0,0	1,0	Cono cambio rect/circular	1,0	0,0	1,6	2,7			
D	21750,0	7250,0	0,0	3,0	0,0	1000,0	0,0	7,7	2,1	1_distrib_90°_reduc conica	1,0	0,1	5,1	7,2			
E	14500,0	3222,2	0,0	4,5	0,0	800,0	0,0	8,0	4,5	1_distrib_90°_con reduc conic	1,0	0,1	5,5	10,0			
E	7250,0	1629,2	0,0	4,5	0,0	560,0	0,0	8,2	7,3	f	1,0	0,0	0,0	7,3			

1 TAMO derivado

A-B1	7250,0	315,2	0,0	23,0	0,0	560,0	0,0	8,2	37,4	distrib_90°_entrada_conica	1,0	1,1	43,6	81,0	127,2	62,0	189,2
A-C2	7250,0	315,2	0,0	23,0	0,0	560,0	0,0	8,2	37,4	distrib_90°_con reduc conica	1,0	1,2	43,3	80,8	135,0	62,0	197,0
A-D3	7250,0	315,2	0,0	23,0	0,0	560,0	0,0	8,2	37,4	distrib_90°_con reduc conica	1,0	0,6	25,3	62,7	124,2	62,0	186,2
A-E4	7250,0	315,2	0,0	23,0	0,0	560,0	0,0	8,2	37,4	codo_90°_3_partes	1,0	0,5	22,2	59,7	138,4	62,0	200,4

ZONA4

TRAMO PRINCIPAL

A	26000,0	8813,6	3,0	0,0	990,0	0,0	7,3	0,0	1,3	Codo 90°	1,0	1,1	36,7	37,9			
B	26000,0	17931,0	1,5	0,0	990,0	0,0	7,3	0,0	0,7	2_distrib_90°	1,0	0,4	13,1	13,7			
C	13000,0	11818,2	1,1	0,0	990,0	0,0	3,6	0,0	0,1	Cono cambio rect/circular	1,0	0,0	0,3	0,5			
C	13000,0	2954,5	0,0	4,4	0,0	900,0	0,0	5,7	1,9	f	0,0	0,0	0,0	1,9			

1 TAMO Paralelo

A-B1	6500,0	282,6	0,0	23,0	0,0	560,0	0,0	7,3	30,1	distrib_90°	1,0	1,9	61,5	91,6	129,5	73,0	202,5
A-C1	6500,0	282,6	0,0	23,0	0,0	560,0	0,0	7,3	30,1	distrib_T_90°	1,0	2,9	56,9	87,0	141,0	73,0	214,0

ANEXO 8-3 | Dimensionado red de conductos / Logística y empaquetado / edificio 6 m

Propiedades aire		λ	
T	282,0 K		0,1
ρ	1,2 Kg/m ³		0,9
μ	1,83E-05 kg.m-1.s-1		

		Rectangular		Circular				ΔP_{sing}									
Tramo	Caudal	Caudal	Long	Long	Diam	Diam	Velocida	Velocida	Δp_{lin}	Elemento	Nb	Coeff	Δp_{sing}	Δp	Δp	P _{stat}	Δp_{tot}
		por	tramo	tramo	equiv	estandar	estandar	estandar	Δp_{lin}				Δp_{sing}	Δp	Δp	P _{stat}	Δp_{tot}
	(m ³ /h)	metro	rect	circular	(mm)	(mm)	Rectang	Circular	(Pa)				(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)
		(m ³ /h/m)	(m)										$\Delta p_{sing} = \lambda \times \rho \times V_{ent}^2 / 2$	perdidas	entrada	conducto	red +
															conducto	difusion	difusion

ZONA3

TRAMO PRINCIPAL

	20200,0	11160,2	1,8	0,0	787,5	0,0	8,9	0,0	1,5	Codo 90°	1,0	1,1	54,2	55,7			
	20200,0	22444,4	0,9	0,0	787,5	0,0	8,9	0,0	0,8	1_distrib_90°	1,0	0,1	5,9	6,7			
	20200,0	10631,6	1,9	0,0	787,5	0,0	8,9	0,0	1,6	Cono cambio rect/circular	1,0	0,0	2,0	3,5			
	15150,0	5050,0	0,0	3,0	0,0	900,0	0,0	6,6	1,8	1_distrib_90°_reduc conica	1,0	0,1	3,8	5,6			
	10100,0	2244,4	0,0	4,5	0,0	710,0	0,0	7,1	4,1	1_distrib_90°_con reduc conico	1,0	0,1	4,3	8,4			
	5050,0	1134,8	0,0	4,5	0,0	500,0	0,0	7,1	6,4	/	1,0	0,0	0,0	6,4			

1TAMO derivado

B1	5050,0	219,6	0,0	23,0	0,0	500,0	0,0	7,1	33,0	distrib_90°_entrada_conica	1,0	1,1	52,2	85,2	140,8	70,0	210,8
D2	5050,0	219,6	0,0	23,0	0,0	500,0	0,0	7,1	33,0	distrib_90°_con reduc conica	1,0	1,2	32,0	65,0	130,8	70,0	200,8
D3	5050,0	219,6	0,0	23,0	0,0	500,0	0,0	7,1	33,0	distrib_90°_con reduc conica	1,0	0,6	19,8	52,7	124,1	70,0	194,1
D3	5050,0	219,6	0,0	23,0	0,0	500,0	0,0	7,1	33,0	codo_90°_3_partes	1,0	0,5	17,0	49,9	136,1	70,0	206,1

ZONA4

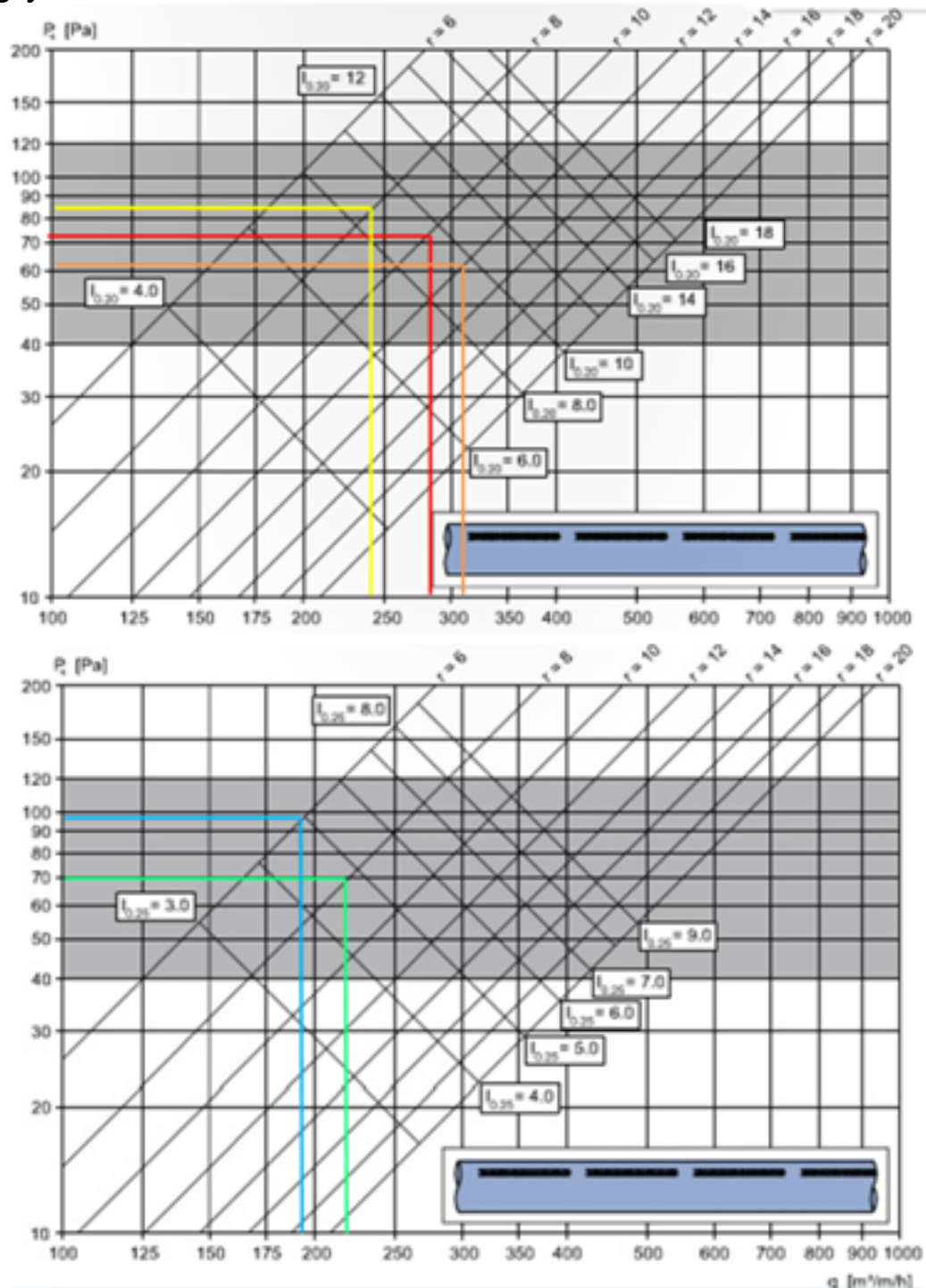
TRAMO PRINCIPAL

A	17500,0	5932,2	3,0	0,0	787,5	0,0	7,7	0,0	1,8	Codo 90°	1,0	1,1	41,0	42,8			
B	17500,0	12069,0	1,5	0,0	787,5	0,0	7,7	0,0	0,9	2_distrib_90°	1,0	0,4	14,6	15,6			
C	8750,0	7954,5	1,1	0,0	787,5	0,0	3,9	0,0	0,2	Cono cambio rect/circular	1,0	0,0	0,4	0,6			
D	8750,0	1988,6	0,0	4,4	0,0	710,0	0,0	6,1	3,0	/	0,0	0,0	0,0	3,0			

1TAMO Paralelo

B1	4375,0	190,2	0,0	23,0	0,0	500,0	0,0	6,2	24,8	distrib_90°	1,0	1,9	68,8	93,6	136,4	98,0	234,4
D3	4375,0	190,2	0,0	23,0	0,0	500,0	0,0	6,2	24,8	distrib_T_90°	1,0	2,8	63,7	88,5	150,5	98,0	248,5

ANEXO 9-1 | Selección de los conductos de difusión: parámetros de agujeros



Edificio 9,5m (Alcance de los chorros 8-10m a 0,2m/s)

En amarillo: Zona 1 - red 3: $r = 8$, 8 rangos de agujeros de cada lados del conducto

En naranja: Zona 3: $r = 12$, 12 rangos de agujeros por cada lado del conducto

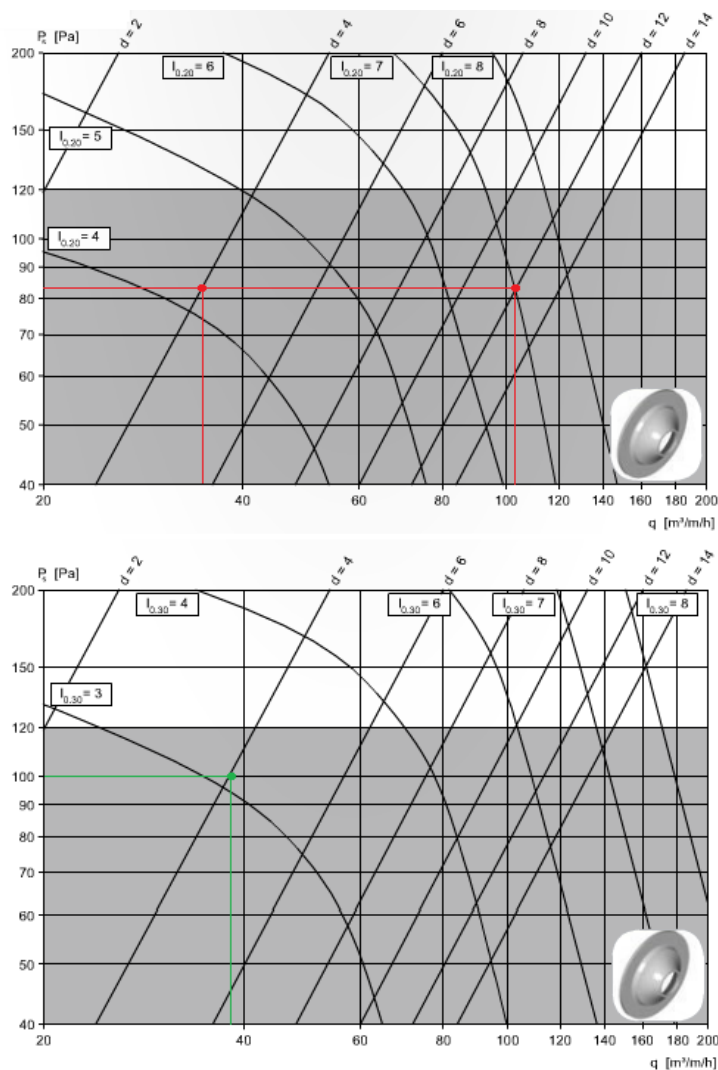
En rojo: Zona 4: $r = 10$, 10 rangos de agujeros por cada lado del conducto

Edificio 6m (Alcance de los chorros 5m a 0,25m/s)

En verde: Zona 3: $r=8$, $r = 8$, 8 rangos de agujeros de cada lados del conducto

En azul: Zona 4: $r=6$, 12 rangos de agujeros por cada lado del conducto

ANEXO 9-2 | Selección de los conductos de difusión: parámetros de agujeros

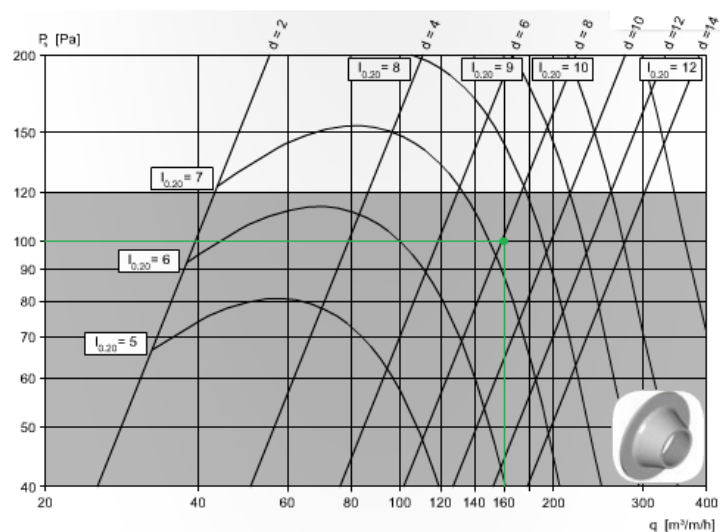


En rojo: Zona 2

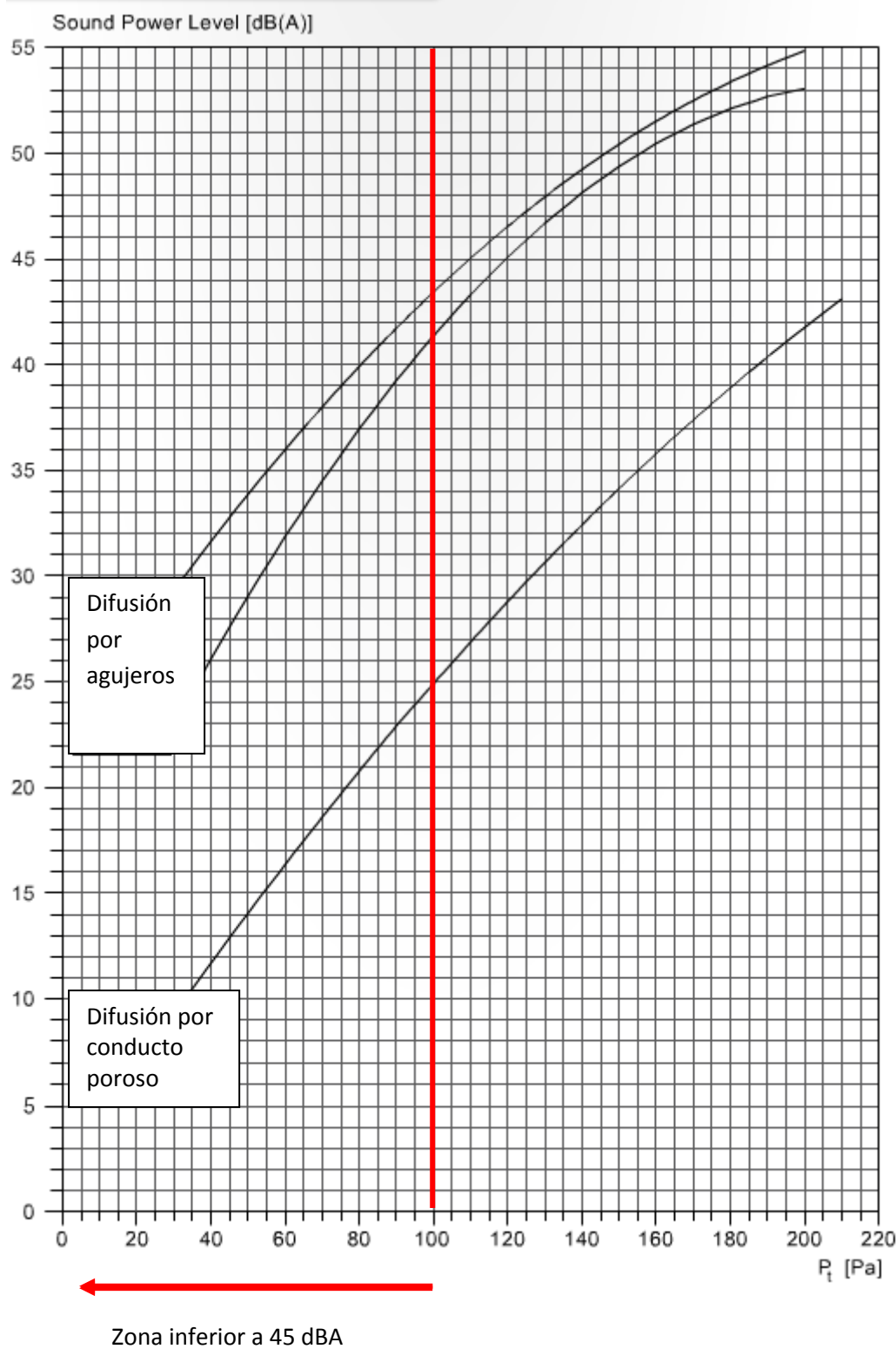
- Configuración a 5 y 7h: 12 agujeros /m Ø12mm de cada lado del conducto
- Configuración a 4 y 8h: 4 agujeros /m Ø12mm de cada lado del conducto

En Verde: Zona 1

- Configuración a 5 y 7h: 8 agujeros /m Ø18mm de cada lado del conducto
- Configuración a 4 y 8h: 4 agujeros /m Ø12mm de cada lado del conducto



ANEXO 9-3 | Nivel de sonido emitido por los conductos



ANEXO 10 | Ejemplo de un informe de cálculo del Ashrae Fitting Database

Tel:
Fax:

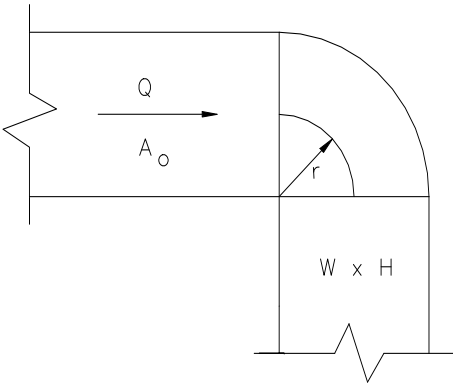
ASHRAE DUCT FITTING DATABASE
Version # 5. 00.10

(CR3-2) Elbow, Sharp Throat (r/W=0.5), Radius Heel, 90 Degree
(Idelchik 1986, Diagram 6-1)

INPUTS

OUTPUTS

Width (W, mm)	900	Velocity (Vo, m/s)	7,0146
Height (H, mm)	1100		
Flow Rate (Q, m^3/h)	25000	Loss Coefficient (Co)	1,12
Density (kg/m^3)	1,230	Pressure Loss (Pa)	35,055



CR3-2 Elbow, Sharp Throat (r/W=0.5), Radius Heel, 90 Degree (Idelchik 1986, Diagram 6-1)

H/W	0.25	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	8.00
Co	1.53	1.38	1.29	1.18	1.06	1.00	1.00	1.06	1.12	1.16	1.18
=====											

ANEXO 11 | Detalle de los costes estimativos de la instalación

Clase	Descripción	Ref./unid	Precio ref.		Total €
Electricidad					56 210 €
	Cables (240mm²)	m	817	12	9 804 €
	Soportes metálicos	m	330	15	4 950 €
	Protección eléctrica	unid	10	700	7 000 €
	Instalación	h	361,4	40	14 456 €
	GTC / electrónico / Contabilización eléctrica	unid	10	2000	20 000 €
fluidos					32 670 €
	Conductos agua	m	420	8	3 360 €
	Conductos aire	m	420	7,5	3 150 €
	Accesorios	unid	600	10	6 000 €
	Instalación	h	504	40	20 160 €
	Llenado / puesta marcha	h	24	90	2 160 €
Unidades de tratamiento de aire			CASO A / C		510 000 €
			CASO B / D		482 000 €
CASO A / C	ETT CH 129	unid	7	54000	378 000 €
	ETT CH 99	unid	3	44000	132 000 €
CASO B / D	ETT CH 129	unid	5	54000	270 000 €
	ETT CH 99	unid	3	44000	132 000 €
	ETT CH 79	unid	2	40000	80 000 €

Nota: los costes de la maquinas incluyen la entrega en sitio, y la puesta en marcha